

Zusammenhänge zwischen evozierten Potentialen
und der Reaktionszeit mit Intelligenz- und
Aufmerksamkeitstests

D i s s e r t a t i o n
z u r E r l a n g u n g d e s D o k t o r g r a d e s

bei den Naturwissenschaftlichen Fachbereichen
der Johannes Gutenberg-Universität
zu Mainz.

(Fachbereich Biologie)

Norbert Repp

geb. in Darmstadt

Mainz 1975



Zusammenhänge zwischen evozierten Potentialen
und der Reaktionszeit mit Intelligenz- und
Aufmerksamkeitstests

D i s s e r t a t i o n
z u r E r l a n g u n g d e s D o k t o r g r a d e s

bei den Naturwissenschaftlichen Fachbereichen
der Johannes Gutenberg-Universität
zu Mainz.

(Fachbereich Biologie)

Norbert Repp

geb. in Darmstadt

Mainz 1975



VORWORT

Eine der Grundvoraussetzungen unserer Wissenschaft besteht darin, daß man repräsentative, reproduzierbare Daten erhebt. Was dabei eines der ältesten Themen der Psychologie betrifft, nämlich die Intelligenzmessung, ist man mit den herkömmlichen Methoden auf bisher nur schwer lösbare Probleme gestoßen.

So verwundert es nicht, daß die Psychologie seit ihren Anfängen objektivierbare und quantifizierbare Daten in der Physiologie suchte, die als Korrelate psychischer Vorgänge betrachtet werden können.

Seit der ersten Ableitung des menschlichen Elektroencephalogrammes hat man die Hoffnung nicht aufgegeben, hierin Kriterien für eine Intelligenzbestimmung zu finden.

Mit Hilfe einer Sonderform des Elektroencephalogrammes, den sogenannten evozierten Potentialen, gelingt es am wachen, unverletzten Menschen Erregungsgrößen zu messen, die durch Umweltreize ausgelöst wurden.

Gleich an dieser Stelle sei der DFG gedankt für die Bereitstellung des Computers Plurimat S (Intertechnique) in der Klinik für Kommunikationsstörungen Mainz, da hierdurch überhaupt die Möglichkeit bestand, die umfangreiche Untersuchung durchzuführen.

Ferner danke ich Prof. Dr. W.D. Fröhlich und Prof. Dr. P.Biesalski für die Betreuung und Ermöglichung der Arbeit sowie deren Übernahme.

In besonderem Maße aber bin ich Herrn H.Leitner für die technische Unterstützung der Untersuchung zu großem Dank verpflichtet.

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort

Tabelle der Abkürzungen

- 1.0 Das Elektroencephalogramm (EEG)
 - 1.1 Die gebräuchlichen EEG-Frequenzbereiche
 - 2.1 Akustische Wahrnehmung und Verarbeitung
 - 2.2 Optisch evozierte Potentiale
 - 2.2.1 Die Beziehung zwischen ERG und VER
 - 2.3 Somatosensorische Wahrnehmung
 - 3.1 Evozierte Potentiale und Methoden ihrer Registrierung
 - 3.2 Motorpotentiale
 - 3.3 CNV und Erwartungswelle
 - 3.4 Die Formatio reticularis
 - 4.1 Langsame Rindenpotentiale
 - 4.2 Auswirkung der Habituation auf die EPs
 - 4.3 Das langsame Rindenpotential beeinflussende Faktoren
 - 5.1 EEG, evoziertes Potential und Intelligenz
 - 5.2 Intelligenz und kognitive Funktionen
 - 6.1 Reaktionszeit und Intelligenz
 - 7.1 Versuchsaufbau, -durchführung und -situation
 - 8.1 Verwendete psychologische Testverfahren
 - 9.1 Fragestellung und Hypothesen
 - 10.1 Statistische Auswertung der Untersuchung
 - 11.1 Auswertung und Interpretation der Ergebnisse
 - 12.1 Diskussion
 - 13.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Anhang

Lebenslauf

TABELLE DER ABKÜRZUNGEN

EEG	Elektroencephalogramm
EP (ER)	Evoked Potential (Response), evoziertes Potential
AEP (AER)	Auditory Evoked Potential (Response) akustisch evoziertes Potential
VEP (VER)	Visual Evoked Potential (Response) optisch evoziertes Potential
SEP (SER)	Somatosensory Evoked Potential (Response) Taktile evoziertes Potential
CNV	Contingent Negative Variation
RT	Reaction Time, Reaktionszeit
SRT	Simple Reaction Time, RT auf einfach strukturierte Reize
ISI	Interstimulusinterval, Reizintervall
dB	Dezibel
Hz	Hertz
μ V	Mikrovolt
log	Logarithmus zur Basis 10
ln	Logarithmus naturalis
$\downarrow$ S	Reizbeginn
V_x	Vertex (Scheitel)
M	Mastoid
V_p (n)	Versuchsperson (en)
P_b (n)	Proband (en)
Korr.	Korrelation
Korr.koeff.	Korrelationskoeffizient

1.0 DAS ELEKTROENZEPHALOGRAMM (EEG)

Im EEG werden die zwischen je zwei am Kopf angelegten Ableite-Elektroden ständig wechselnden Potentialdifferenzen registriert. Über den Ursprung dieser Hirnstöme lässt sich noch nichts Sicheres aussagen. Zwar hat man im Tierversuch an isolierten Nervenzellen mit Mikroelektroden die elektrische Tätigkeit erfasst, weiss aber noch nicht genau, wie die schnellen Entladungen von unter 1 msec (Aktionspotential) die relativ langsamen Spannungsschwankungen von 0 bis 40 Hz erzeugen. Aus den Arbeiten über die Entstehungsmechanismen von EEG-Potentialen (ANDERSSON 1968, CREUTZFELDT 1966, 1969) kann geschlossen werden, dass das, was wir als EEG-Potentiale von der Hirnrinde oder der Kopfhaut ableiten, summierte und weitgehend synchron auftretende postsynaptische Potentiale von corticalen Neuronen sind.

Es steht lediglich fest, dass im Einzugsbereich einer einzigen am Kopf angebrachten Elektrode Millionen von Nervenzellen liegen. Nach statistischen Gesetzen müssten sich ihre elektrischen Spannungsänderungen gegenseitig aufheben, wenn jede Einheit von der anderen völlig unabhängig wäre. Gewöhnlich ist dies aber nicht der Fall. Vielmehr entsprechen die EEG-Kurven der Summe von synchronen Potentialschwankungen einer grossen Anzahl von Ganglienzellen. Dadurch entstehen Spannungen in der Grössenordnung bis 100 μ V. Aber nur unter bestimmten Bedingungen sind diese regelmässigen Rhythmen voll ausgebildet. Sobald das Gehirn aktiver wird, sei es spontan oder durch äussere Reize verursacht, nehmen diese Wellenzüge an Amplitude und Häufigkeit ab, oder verschwinden ganz. Dieser Effekt der "Blockade" kommt wohl hauptsächlich dadurch zustande, dass die Zellver-

bände, welche bisher ihre Spannungsschwankungen in einem gemeinsamen Takt vollführten, ausser Schritt fallen und ihre Tätigkeit in einem unregelmässigen, individuell verschiedenen Zeitmass fortsetzen (Desynchronisation).

JUNG erklärt dieses Phänomen der Desynchronisation durch die Aktivierung von Hemmneuronen. Man hat Befunde, die darauf hinweisen, dass die EEG-Aktivität von subcorticalen Strukturen gesteuert wird (ECHLIN et al. 1952). DEMPSEY und MORISON (1942) hatten gezeigt, dass rhythmische EEG-Wellen von intralaminären Thalamuskernen ausgelöst werden können.

Die Schrittmacher für die rhythmische corticale EEG-Aktivität sind nach diesen Befunden in den spezifischen thalamischen Projektionskernen zu finden.

Die Hypothese über die Schrittmacherfunktion des Thalamus sieht wie folgt aus :

Nach elektrischer Reizung treten in den spezifischen thalamischen Relaiskernen Aktivitätszyklen über mehrere Sekunden auf, in denen der Erregung der Relaiszellen eine inhibitorische Pause folgt von 100 - 200 msec. Diese IPSP kommt vermutlich über rekurrierende Kollaterale zustande :

Die von einer thalamischen Relaiszelle in den Cortex fortgeleitete Aktivität wird gleichzeitig über efferente Fasern in den Thalamus zurückgeleitet und bewirkt hier über inhibitorische Zwischenneurone eine Hemmung. Mit Hilfe dieses Rückkopplungsmechanismus gerät das durch äussere Impulse erregte System in Schwingung. Die Frequenz ist von der Periodendauer der Hemmpausen abhängig. Die Aussenerregung des Systems erfolgt durch einen ständigen Impulsstrom aus den Sinnesorganen, der Substantia reticularis mesencephali oder anderen "tonisierenden" Strukturen.

1875 leitete R.CATON erstmals spontane elektrische Spannungsschwankungen von der freigelegten Hirnrinde eines Affen ab. Am Menschen wurde erstmals 1924 von H.BERGER über ein Saitengalvanometer ein "Elektrenkephalogramm" abgeleitet. Durch die in der damaligen Zeit aufkommenden Röhrenverstärker gelang es bald von der unverletzten Kopfhaut abzuleiten. 1938 fand KORNMÜLLER die epileptischen Krampfstromentladungen. Das EEG wurde damit als medizinisches Diagnoseverfahren und als Hilfsmittel zur Tumorlokalisation eingeführt.

DIE GEBÄUCHLICHEN EEG-FREQUENZBEREICHE

Delta - Wellen

Frequenzen im Bereich von 0 - 3 Hz und einer Amplitude von 100 - 150 μ V werden als Delta-Wellen bezeichnet. Sie finden sich überwiegend bei Kleinkindern und Säuglingen. Beim gesunden Erwachsenen sind sie im Wachzustand als abnormes bis pathologisches Phänomen anzusehen. Hingegen werden sie in den tiefen Schlafstadien auch beim Erwachsenen beobachtet. Sie können als Indikator einer verringerten corticalen Aktivität aufgefasst werden. Zwischen Frequenz und EEG - Amplitude besteht im allgemeinen eine negative Korrelation. Je höher die Spannung, umso niedriger die Frequenz. (s. Abb.1)

Theta - Wellen

Als Theta - Wellen werden die Potentialschwankungen im Bereich von 4 - 7 Hz und einer Amplitude von 50 - 100 μ V bezeichnet. Bei Kindern stellen sie die dominierende Grundaktivität dar.

Beim Erwachsenen finden sie sich im Zustand der Ermüdung und im 2. Schlafstadium. Sie werden häufig von schnellerer Spontanaktivität überlagert und lassen - wie die Delta-Wellen - gleichfalls auf eine verminderte corticale Aktivität schliessen.

Alpha - Wellen

Im Erwachsenen-EEG stellen sie eine auffällig dominante Komponente dar. Sie wurden als erste von BERGER beschrieben und benannt. Sie haben eine Frequenz von 8 - 13 Hz und eine Amplitude von ca. 30 μ V.

Auf der Tatsache, dass Alpha - Wellen auf die Dauer (mehr als 10 sec) nicht unterdrückt werden können, baute ROHRACHER 1938 und 1939 die Hypothese auf, dass sie ein Korrelat des Stoffwechselgeschehens der Ganglienzellen seien.

Je nach Vorhandensein unterscheidet man beim EEG 3 Typen von Alpha - Rhythmen :

1. Der P - Typ (persistent)

Er zeigt eine markante kontinuierliche Alpha - Aktivität, die auch durch Augenöffnen nicht unterdrückt werden kann.

2. Der R - Typ (responsiv)

Im Zustand der Entspannung zeigt er ausgeprägte Alpha-Wellen. Durch Augenöffnen wird der Alpha - Rhythmus unterdrückt.

3. Der M - Typ (minus)

Auch im Zustand der höchstmöglichen Entspannung zeigt er keinerlei kontinuierliche Alpha - Aktivität.

Die Alpha - Wellen finden sich besonders stark im parieto - occipitalen Bereich ausgeprägt.

Beta - Wellen

Spannungsfrequenzen im Bereich von 14 - 30 Hz und einer Amplitude, die unter der des Alpha - Rhythmuses liegt, werden als Beta - Wellen bezeichnet.

Die stärkste Ausprägung finden sie in der präzentralen und frontalen Region.

In den meisten Fällen überlagert der Beta - Rhythmus die Alpha - Aktivität. Er zeigt einen Zustand hoher Aktiviertheit an.

Frequenzen von über 30 - 1000 Hz werden als Gamma - Wellen bezeichnet. Wegen ihrer etwas schwierigen Ableitung sind sie nur sehr wenig erforscht.

In der Gegenwart von Beta - Wellen spricht man von einem "desynchronisierten" EEG im Gegensatz zum "synchronisierten" Alpha - EEG und den "hypersynchronisierten" Theta- und Delta-Wellen.

Die "Alphablockade" besteht aus Beta-Wellen, die etwa beim Augenöffnen oder allgemein durch innere oder äussere Reize die regelmässigen Alpha-Wellen über einen Zeitbereich bis zu 10 sec unterdrücken oder überlagern.

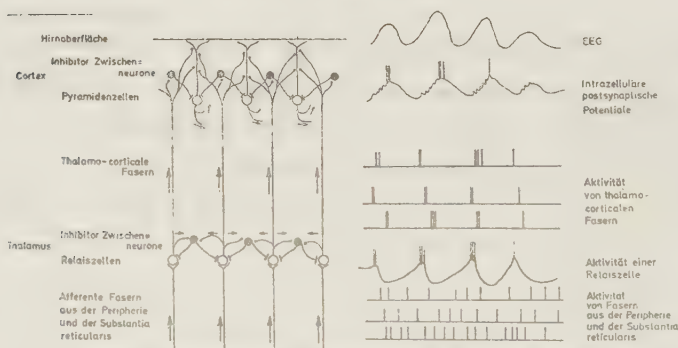
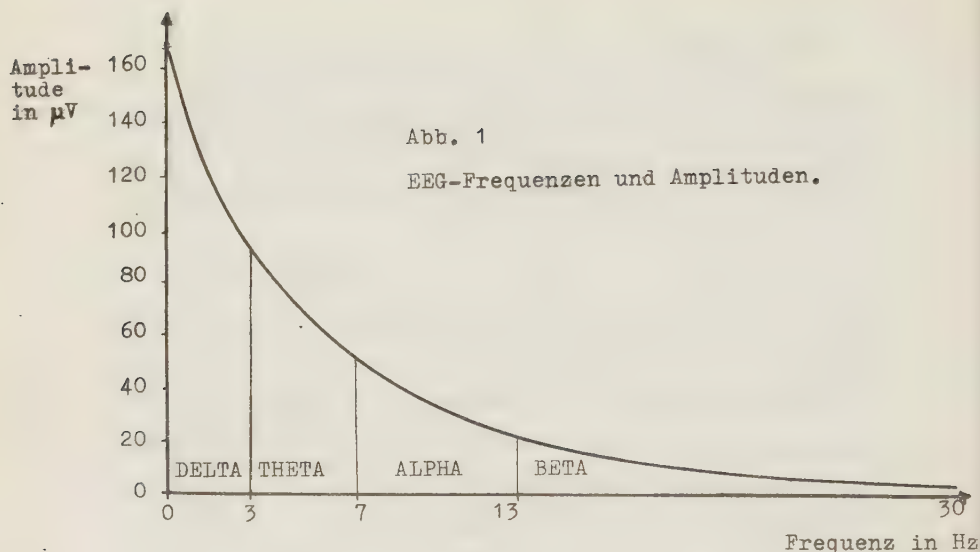


Abb. 2: Schematische Darstellung der Entstehung von EEG-Wellen

Links sind die anatomischen Substrate von den afferenten Fasern bis zur Hirnrinde aufsteigend dargestellt, rechts die in den jeweiligen Strukturen ableitbaren elektrischen Phänomene. Die Richtung der Erregungsausbreitung ist durch Pfeile angedeutet. – Unregelmäßige und nicht synchronisierte Aktivität aus der Peripherie und der Substantia reticularis erregt die thalamischen Relaiszellen. Wenn eine Thalamuszelle überschwellig erregt ist, schickt sie Entladungen über die thalamo-corticalen Fasern in die Hirnrinde, gleichzeitig aber auch über rekurrierende Kollateralen zu den inhibitorischen Interneuronen des Thalamus. Diese wiederum führen zu einer Hemmung der Relaiszellen für 80–150 msec (negative Rückkoppelung). Dadurch wird der Impulsstrom dieser Zellen unterbrochen und die Schwelle für eine neue Entladungsserie wird erst nach Abklingen des IPSP erreicht. Auf diese Weise kommt eine gruppierte Entladungsfolge mit einem zeitlichen Abstand der Gruppen zwischen 100–200 msec entsprechend der Dauer des IPSP zustande. Die Entladungen der thalamo-corticalen Fasern führen zu EPSP an den Dendriten der corticalen Nervenzellen (intrazelluläre postsynaptische Potentiale), deren Summenpotentiale an der Hirnrindenoberfläche als EEG-Wellen abgeleitet werden.

2.1 AKUSTISCHE WAHRNEHMUNG UND VERARBEITUNG

Physiologie und Anatomie des Hörsystems

Im Überblick lässt sich die Funktionsweise des Ohres wie folgt beschreiben:

Die Schallwellen der Aussenwelt werden in Aktionspotentiale des Nervus acusticus umgewandelt. Durch das Trommelfell und die Gehörknöchelchen werden die Schallbewegungen in Bewegungen der Steigbügelplatte umgesetzt, die in der Innenohrflüssigkeit ihrerseits Wellen auslöst. Diese verursachen im CORTIschen Organ Veränderungen, die zum Entstehen der Aktionspotentiale in den Nervenfasern führen.

Die Schwingungen der Luftsäule des Gehörganges versetzen das Trommelfell in Kippbewegungen. Dieses wirkt als Resonanzfläche und reproduziert die Schwingungen der Schallquelle. Bei der Übertragung auf die Gehörknöchelchen erfahren die Schwingungen eine Verstärkung um das ca. 22-fache und werden so durch das ovale Fenster ins innere Ohr weitergeleitet.

Die Schwingungen enden am runden Fenster der Schnecke.

Diese ist durch den von Endolymphe erfüllten Ductus cochlearis in zwei Räume geteilt (Scala tympani und vestibuli), die von Perilymphe erfüllt sind und am Helicotrema in offener Verbindung stehen.

Auf der Basilarmembran liegen die Rezeptorzellen des Ohres, die sog. Haarzellen in zwei Reihen angeordnet. Mit ihren Fortsätzen durchstossen sie die membranartige Lamina reticularis.

Um eine übermässige Reizung der Haarzellen zu verhindern kontrahieren sich bei grossen Lautstärken die Mittelohrmuskeln (der M. tensor tympani und der M. stapedius).

Sie vermindern die Schallübertragung, indem sie den Hammergriff einwärts und die Fussplatte des Steigbügels nach aussen ziehen.

In den Strukturen der Membrana tectoria hat man schon seit langem den Auslöser des Rezeptorpotentials lokalisiert.

1930 hat man die zugehörigen sog. MIKROPHONPOTENTIALE erstmals abgeleitet. Ausser diesen finden sich aber auch Aktionspotentiale der Hörnerven. Diese verbinden den Rezeptor mit dem ZNS. Sie sind für das Zustandekommen der Hörempfindung verantwortlich.

Schon im vorigen Jahrhundert hat man sich um Erklärungen bemüht, wie es zu den frequenzspezifischen Schwingungen der Basilarmembran kommt.

HELMHOLTZ stellte die sog. Resonanztheorie auf, die aber von v.BEKESY als unzulänglich nachgewiesen wurde und die er durch die Wanderwellentheorie ablöste. Die akustische Schwingung erzeugt im Innenohr eine besondere Auslenkung der Basilarmembran. Die Frequenzzersetzung geschieht nicht durch Resonanz, sondern durch Dispersion.

Für den eigentlichen Transformationsmechanismus gibt es zwei Erklärungen. Die ältere besteht darin, dass in der NEUBERTSchen Düse mehr oder minder schnelle Endolymphströmungen ausgelöst werden sollen, die sich auf die inneren und äusseren Haarzellen übertragen.

Dagegen besagt die Theorie von DAVIS, dass die oberen Enden der Haarzellen durch die Lamina reticularis festgehalten werden, während die Haarfortsätze in die Membrana tectoria hineinragen. Wird die Basilarmembran nach abwärts gedrückt, kommt es durch die Verschiebung der Membrana tectoria gegenüber der Lamina reticularis zu einer Verbiegung der Haarzellenfortsätze (s. Abb.3 nächste Seite).

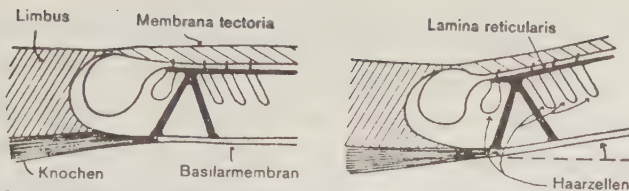


Abb. 3 Auswirkung von Bewegung auf das Cortische Organ. Die Verschiebung der Membrana tectoria gegenüber der Lamina reticularis verbiegt die Fortsätze der Haarzellen. (Aus DAVIS, in *Physiological Triggers and Discontinuous Rate Processes*, T. H. BULLOCK, Ed. American Physiological Society, 1957.)

Die Umwandlungen der Endolymphströmungen in einen neuronalen Hörimpuls läuft über mehrere Zwischenstufen ab.

An der Synapse der Hörnerven kommt es erst dann zu einer Weiterleitung und damit zu einem Höreindruck, wenn ein ausreichendes Quantum Transmitterstoff durch die Erregung der Haarzellen freigesetzt worden ist. Der Nerv gibt die Stimulation in einer mehr oder weniger dichten Folge von Aktionspotentialen wieder. Bezogen auf die Hörnervenfaser ergibt sich dabei folgendes Bild:

Nach einem überschwelligen Reiz addieren sich alle Einzelaktionspotentiale zu einem mehr oder weniger grossen Summenaktionspotential, dessen Grösse sowohl durch die Anzahl der beteiligten Fasern, als auch durch die zeitliche Dispersion der Aktionspotentialfolgen in den einzelnen Fasern bestimmt wird.

Da sich eine gute Übereinstimmung zwischen der Amplitude des Aktionspotentials und der subjektiven Hörschwelle findet, kann es in der "objektiven Audiometrie" als Mass verwendet werden.

Die geschilderten synaptischen Mechanismen sind relativ einfach im Vergleich zur Informationsverarbeitung. In den aufsteigenden Bahnen finden sich vor allem Konvergenz-Divergenz-Schaltungen und die sog. Parallelschleife zur Formatio reticularis. Letztere bezeichnet man als "unspezifische Hörbahn" und stellt sie der vorher beschriebenen "spezifischen Hörbahn" gegenüber.

Das oben besprochene Aktionspotential durchläuft in seiner ursprünglichen Form lediglich den ersten Abschnitt der Hörbahn: von den Haarzellen des CORTIschen Organs zum Ganglion spirale. Von der weiteren neuronalen Verschaltung liegen 4-5 Schaltstellen fest, aus denen jeweils charakteristische Potentiale ableitbar sein sollen.

Folgende Strukturen werden im Verlauf der Hörbahn der Reihe nach aktiviert : Im

HIRNSTAMM	der Cochleariskern (ventral und dorsal) der Olivenkern
MITTELHIRN	der laterale Schleifenkern der hintere Hügelkern
THALAMUS	der mediale Kniehöckerkern
CORTEX	die HESCHLSche Windung im Schläfenlappen

Von der primären Hörrinde läuft die Information weiter zur sekundären Hörrinde , in der auch frühere akustische Informationen gespeichert sind und endet schliesslich in der Assoziationsrinde.

Die ersten 4-5 aufeinanderfolgenden Peaks der Frühpotentiale die sich innerhalb der ersten 10 msec nach Reizbeginn am Vertex registrieren lassen (s.Abb.12), lassen sich mit grosser Wahrscheinlichkeit diesen Umschaltungen zuordnen, denn in jedem dieser Kerne laufen die Potentiale mit einer charakteristischen Verzögerung ein.

Der funktionellen Ausbildung zentralnervöser Bahnen entsprechend zeigen die Frühpotentiale Reifungsvorgänge in den ersten Lebensmonaten.

Abb.4(nächste Seite)

Die Hörbahn und ihre Verbindung zur Formatio reticularis
Quellennachweis der rechten Bildhälfte:

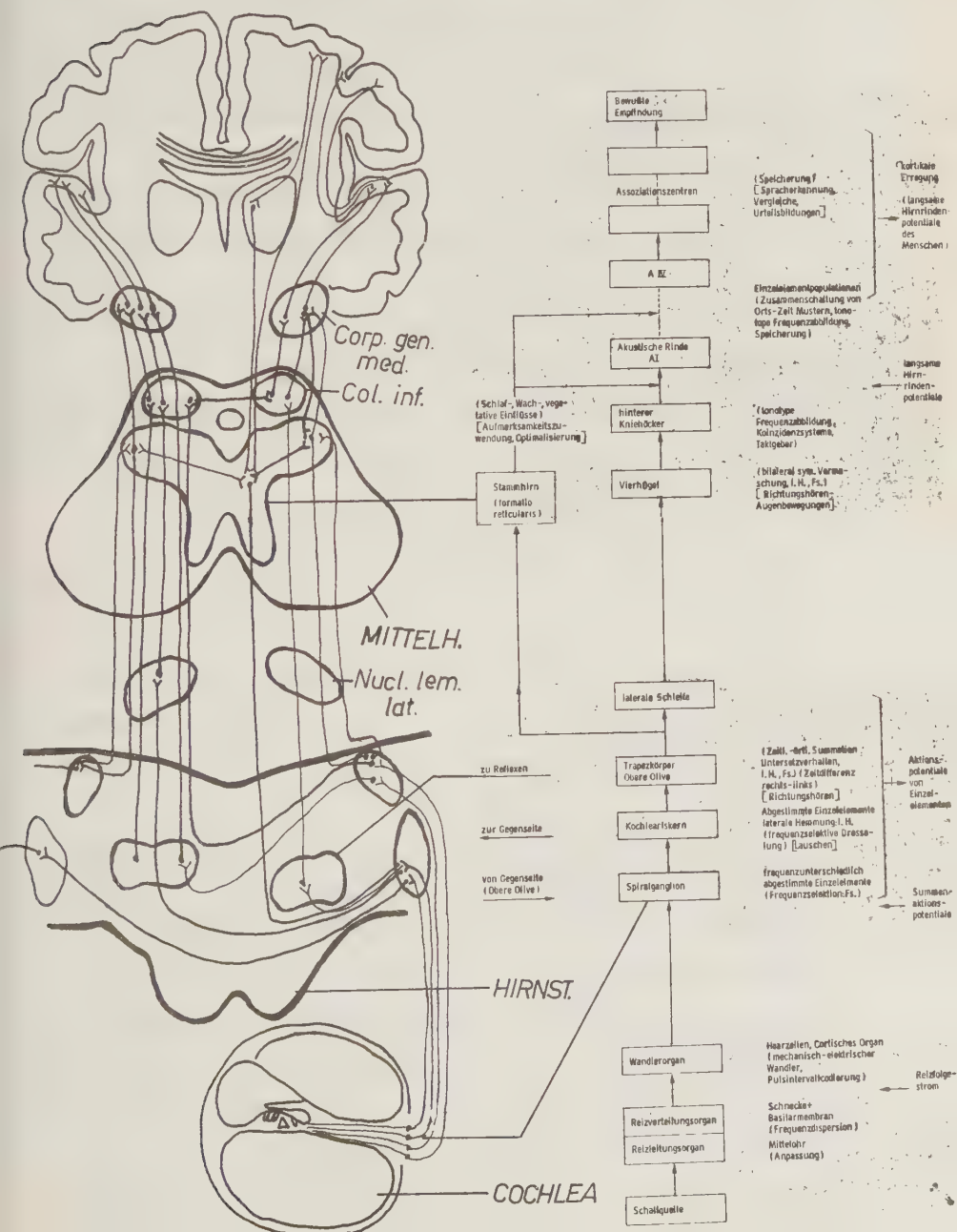
KEIDEL 1975 S.278

Die Hörbahn und ihre Verbindung zur Formatio reticularis

Abb. 4

Vereinfachtes Blockschaltbild des Sinnesorgansystems Ohr. Zahlreiche nervöse Verbindungen zwischen einzelnen neuronalen Verarbeitungsebenen und zur Gegenseite sind weggelassen.

In der mittleren Spalte sind in runder Klammer zugehörige bekannte Funktionen (Fs: Frequenzselektion; L.H.: laterale Hemmung) und in eckiger Klammer entsprechende psychophysisch faßbare Äußerungen angegeben. Ganz rechts sind elektrophysiologisch meßbare Erregungsgrößen angeführt.



2.2 OPTISCH EVOZIERTE POTENTIALE

Im Unterschied zum akustischen und somato-sensorischen Bereich wollen wir auf eine anatomisch-physiologische Beschreibung des optischen Apparates verzichten. Zum einen sind die anatomischen Grundlagen zu umfangreich und die Physiologie des VEs noch zu wenig geklärt, zum anderen liegt der Schwerpunkt unserer Arbeit mehr auf dem akustischen Sektor und wir können aus dem Aufbau des optischen Systems keine Schlußfolgerungen auf unsere VEP-Kurvenverläufe ziehen.

Verschiedene Untersucher haben die gemittelte oder summierte cortikale Aktivität, die durch visuelle Reize evoziert wurde, unterschiedlich benannt. Die wichtigsten sind:

EOP (evoked occipital potential)

PEP (photic evoked potential)

VEOG (visual evoked occipitogram) u. am häufigsten

VER (visual evoked response)

Die Tabelle 1 von KOOI zeigt Normwerte der Amplituden und Latenzen für das VER.

In Abb. 5 sind die VEPs verschiedener Autoren im gleichen Maßstab bezüglich Amplitude und Latenz schematisch dargestellt. Die Gemeinsamkeiten der verschiedenen Ableitungen sind dabei gut ersichtlich.

CIGANEK (1961) hat sich sehr früh ausschließlich mit VEs beschäftigt. Er konnte zeigen, daß sowohl deren inter-als auch intraindividuelle Konstanz bezüglich der frühen Komponenten wesentlich größer ist als die der späten.

Bedingt durch den Umstand, daß das VEP spezifischere Ableitpunkte besitzt als das AEP und SEP, ist in Abb. 6 auf der linken Hälfte die Veränderung des VEPs in Abhängigkeit von den Ableitpunkten aufgezeigt.

REPRESENTATIVE STUDIES OF SURFACE VISUAL EVOKED RESPONSES

author	designations	area	surface polarity and latency (msec)				
			0	50	100	150	200 25
CRUIKSHANK, 1937	ON EFFECT OR EVOKED POTENTIAL	OCCIPITAL		60	100 TO PEAK		
MONNIER, 1952	b, c, d, e	OCCIPITAL		P	N	P	N
COHN, 1952	BY POLARITY & LATENCY	OCCIPITAL		N	P	P	
COBB & MORTON, 1952	BY POLARITY & LATENCY	OCCIPITAL		P	P		
BANCAUD et al., 1953	LE POTENTIAL VERTEX (V)	VERTEX		55	95 TO ONSET		
BRAZIER & BARLOW, 1956	BY POLARITY & LATENCY	OCCIPITO-PARIETAL			P	N	
LARSSON, 1956	NON-SPECIFIC RESPONSE	VERTEX		50	90 TO ONSET (SOMATOSENSORY) "SHORTER" (AUDITORY) 60-80 (VISUAL)		
CALVET, et al., 1956	BY POLARITY & LATENCY	OCCIPITAL		40-50 TO ONSET, 0.1 c/sec. OSCILLATIONS			
BRAZIER, 1957	EARLY & LATE RESPONSES	OCCIPITAL	2N	P	N	P	N
COBB & DAWSON, 1960	BY POLARITY & LATENCY	OCCIPITAL		P	N	P	N
CIGÁNEK, 1958 a, b, g; 1959, 1961	PRIMARY RESPONSE, SECONDARY RESPONSE, AFTER DISCHARGE	OCCIPITO-PARIETAL		N (I)	P (II)	N (III)	P (IV) (X)
CONTAMIN & CATHALA, 1961	RÉPONSES ÉLECTROCORTICALES	OCCIPITAL, VERTEX, SOMATOSENSORY		P	N	P	N
TEPAS et al., 1962	O-A, O-B	OCCIPITAL			N	P	

KOOI, K.A., and BAGCHI, B.K.:
VER in man: Normative Data

Gastaut et al.

Morocutti et al.

Ciganek

Barlow-Brazier

Abb. 5

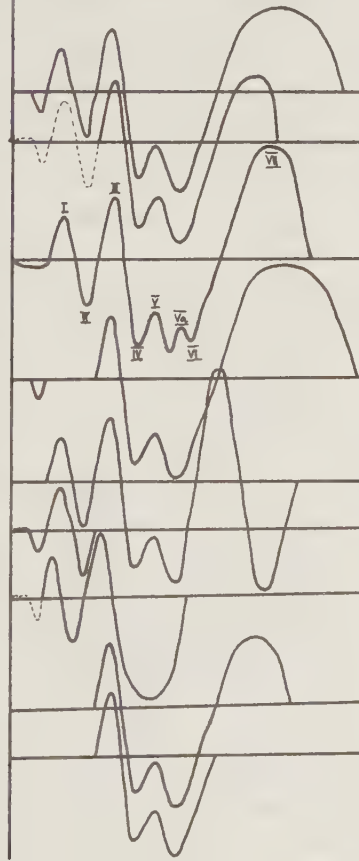
Contamin & Cathala

Cobb & Dawson

Schwartz &
Shagass

van Balen

van Hof &
Rietveld



ematischer Ver-
ich der gemittel-
VERs verschiede-
Untersucher.
lennachweis:
Abb. 6
chste Seite)

Auf der rechten Hälfte der gleichen Abb. findet sich ein Beispiel, in welchem Maß sich die Form des VEPs mit zunehmendem Alter ändert.

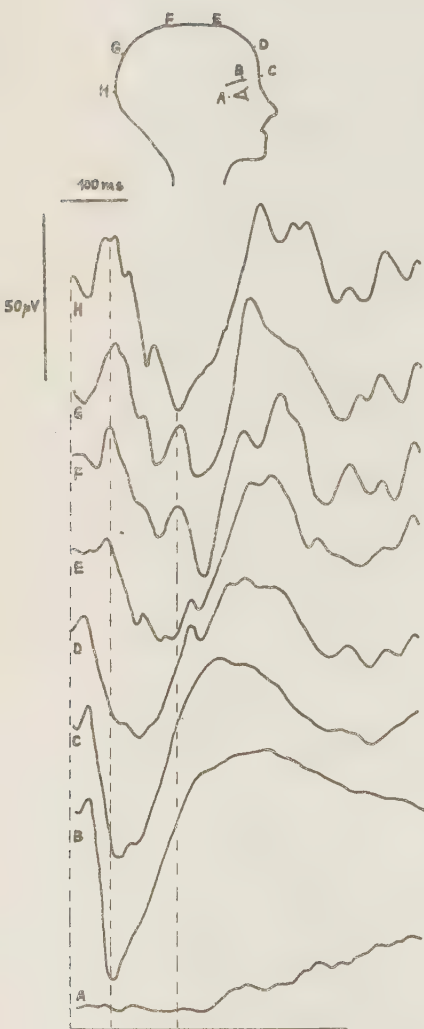
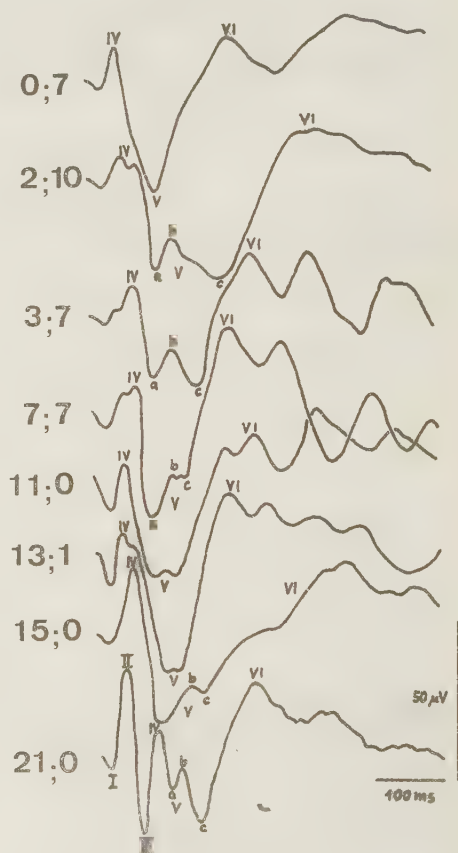


Abb.6



• VEP von verschiedenen
monopolaren Ableitpunkten

Entwicklung des VEPs in Abhängig-
keit vom Alter. Ableitung: Inion, Kinn

Beide Abb. aus PROCTOR, I.D., and ADEY, W.R. (Eds.) :
The Analysis of Central Nervous System and Cardiovascular
Data Using Computer Methods (1964 Symposium)
Washington, NASA, 1965, S.7 - 34

2.21 DIE BEZIEHUNG ZWISCHEN ERG UND VER

Das Elektretinogramm hat mit dem VER gemeinsam, daß es die Potentialschwankungen der Retina wiedergibt, die durch Licht evoziert wurden und die Antwort einer großen neuronalen Population darstellen.

Das ERG ist viel größer als das VER und verlangt weder wiederholte Stimulation noch Averaging zu seiner Ermittlung. Betrachtet man seine Kurvenform, ist es über die Personen gesehen stabiler. Zwischen dem Reiz und Antwort-Komponenten des Gesamt-ERGs konnten zahlreiche Zusammenhänge aufgedeckt werden. Das ERG befindet sich somit unter größerer Stimuluskontrolle als das VER. Die Untersuchungen bezüglich der Reizparameter von VER- und ERG-Komponenten sind zur Zeit noch Spekulation.

Die begrenzte Anzahl von Untersuchungen, in denen ERG und VER gleichzeitig aufgenommen wurden, erwecken den Anschein, daß jedes Werkzeug für sich am besten verschiedene Mechanismen der visuellen Funktionen mißt.

Die Behauptung, daß das ERG in erster Linie die Aktivität der Stäbchen und das VER überwiegend die Aktivität der Zapfen wiedergibt, wird mehr durch experimentelle Daten gestützt als durch anatomische Möglichkeiten. Das VER entspricht mehr der Reizung von engen und relativ lokalen oder diskreten Retinafeldern als das ERG.

Zum größeren Auflösungsvermögen des VERs kommt noch hinzu, daß seine Amplituden parallel zum STILES-CRAWFORD-Effekt verlaufen. Dieser kommt zustande, wenn Licht in einem

schrägen Winkel durch die Pupille fällt. Dabei nimmt mit zunehmender Helligkeit die Größe des VERS ab. Die spektrale Empfindlichkeit des ERGs und VERS wurden verglichen und sind in Abb. 7 dargestellt. Daraus kann man die Ähnlichkeit der ERG-Kurve mit der skotopischen Kurve und die des VERS mit der photopischen Kurve erkennen. - Das VER besitzt größere Möglichkeiten Zusammenhänge mit psychophysischen Daten aufzuzeigen als das ERG, verlangt aber ausführlichere experimentelle Kontrollen. Das ERG wirkt sich z.B. nicht in einem signifikanten Maß auf Variable aus, die außerhalb des visuellen Systems liegen, wie z.B. Aufmerksamkeit, die im VER signifikant nachzuweisen sind.

Abb. 7

Vergleich der spektralen Empfindlichkeit der retinalen Antwort mit derjenigen von occipitalen Elektroden. Die durchgezogene Kurve im ERG ist die skotopische Kurve, bei VER die photopische Kurve. +

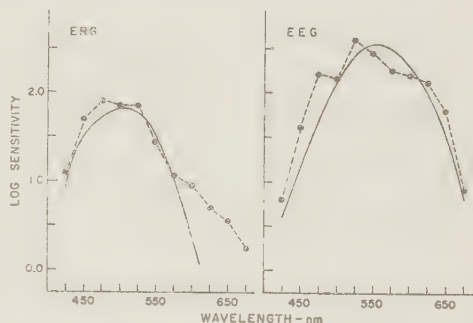
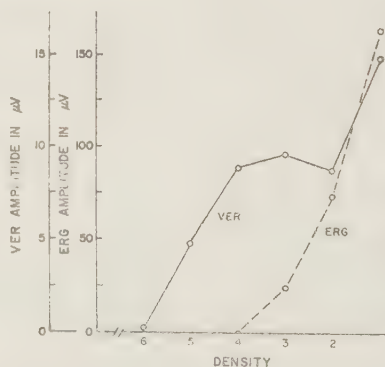


Abb. 8

Antwort-Amplituden des ERGs und VERS in Abhängigkeit vom Lichtreiz. Versuchsbedingungen: weißes Licht, 1 Blitz/sec, 550 mal +



+ Nach : Armington, J.C.: Relations between electroretinograms and occipital potentials elicited by flickering stimuli. In Henkes, H.E., and van der Tweel, L.H. (Eds.): *Flicker. Proceedings of the symposia on the physiology of flicker and on flicker electroretinography. Docum Ophthal (Den Haag), 18:194-206, 1964.*

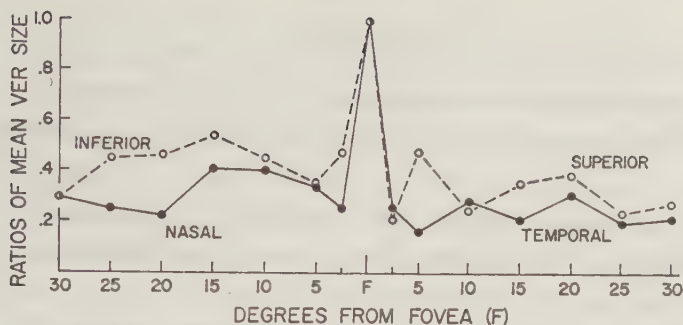
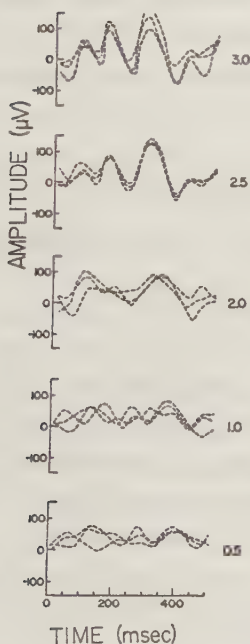


Abb. 9

Größe des VERs bei Reizung entlang des horizontalen und vertikalen Meridians

Each point is a mean total area of six VER's plotted as a ratio to the mean foveal response. Experimental conditions: 2.5° white spot in 60° surround, presented 128 times at 8.8 Hz. Bipolar electrodes were separated by 2 inches and oriented vertically on the midline with the lower electrode located over theinion. Data bandwidth was 2.5-5 Hz.

After Copenhaver, R.M., and Perry, N.W., Jr.: Factors affecting visually evoked cortical potentials such as impaired vision of varying etiology. *Invest Ophthalmol*, 3:665-675, 1964.]



Wirkung der Reizintensität auf das VER.

Die Amplitude ist im log. Maßstab. Jede Antwort besteht aus 32 Mittlungen bei einer Blitzrate von 2/sec. Die Datenbandbreite betrug 2-40 Hz.

Nach: SHIPLEY, T., JONES, R.W., & FRY, A.: Intensity and evoked occipitogram in man. *Vision Res.* 6:657-667, 1966.

Abb. 10

2.3 SOMATOSENSORISCHE WAHRNEHMUNG

Bei der taktilen Wahrnehmung sind in der Regel mehrere sinnliche Eigenschaften in einer einheitlichen Wahrnehmungs-gestalt zusammengefasst.

Das somatosensorische System registriert vor allem Druck-, Berührungs- und Vibrationsreize, sowie Wärme-, Kälte- und Schmerzindrücke.

Diesen Qualitäten entsprechen verschiedene spezifische neurophysiologische Substrate.

Dabei weist die Hautempfindung eine Besonderheit auf :

Sie enthält sowohl rationale als auch emotionale Komponenten. Bereits im vorigen Jahrhundert hat man gefunden, dass die verschiedenen Empfindungsqualitäten nicht an jeder beliebigen Stelle der Hautoberfläche ausgelöst werden können. Es finden sich nur eng begrenzte Zonen, deren Stimulation selbst auch mit inadäquaten Reizen immer dieselbe Wahrnehmung auslöst.

Als periphere Rezeptoren in der menschlichen Haut lassen sich folgende Strukturen identifizieren :

1. die Nervenflechte der Haarscheiden
2. MERKELsche Scheiben
3. MEISSNERsche Körperchen, überwiegend in der unbehaarten Haut
4. VATER-PACINische Lamellenkörperchen
5. "freie Nervenendigungen"

Der Mechanismus der Erregungsbildung scheint bei den VATER - PACINischen Körperchen allein schon von ihrer Morphologie her gesichert. Bei den anderen Rezeptortypen ist dies weniger klar. Eigehende Untersuchungen haben die ersten Zweifel an der Berechtigung der einfachen Zuordnung zwischen Erlebnisqualität und Rezeptortyp aufkommen lassen. Eine grössere Anzahl von Untersuchern fand keinerlei Zusammenhänge zwischen Reizpunkten und irgendwelchen spezifischen enkapsulierten Endorganen.

KENSHALO und NAFE* meinen daher, dass die Annahme von spezifischen Rezeptoren für die verschiedenen Hautsensationen im Hinblick auf die experimentellen Daten weder gerechtfertigt noch nützlich ist.

Die Frage nach den morphologischen Substraten solch einfacher Erlebnisqualitäten kann mit anderen Worten nicht geklärt werden. Dies scheint wiederum für die Schmerzempfindung in ganz besonderem Masse zu gelten. Früher hatte man dafür die freien Nervenendigungen verantwortlich gemacht. Da aber nahezu jede Wahrnehmungsqualität in eine Schmerzempfindung umschlagen kann, wenn nur die Reizintensität stark genug ist, kommen sie als Rezeptoren nicht in Frage. Von wesentlich grösserer Bedeutung als die tatsächliche Reizeinwirkung sind hier psychologische Dimensionen, wie Aufmerksamkeitsanwendungen und vorangegangene Lernprozesse.

Die somatosensorischen Erregungen werden über drei aufeinanderfolgende Neurone zu der dem Reizort kontralateral gelegenen Zentralwindung geleitet. Das erste Neuron ist die Nervenzelle selbst, die mit ihrer dendritischen Zone in der Epidermis liegt. Sie übertägt ihre Erregungsinformation sogleich nach dem Eintritt ihres Neuriten ins Rückenmark auf eine Schaltstelle im Hinterhorn, deren Axon zur anderen Rückenmarksseite kreuzt und im Tractus spinothalamicus zum letzten praecorticalen Neuron im Thalamus, dem Nucleus ventralis zieht.

Die Mechanorezeptoren leiten ihre Impulse über A β -Fasern (Leitungsgeschwindigkeit 30 - 60 m/sec), die übrigen Rezeptoren über A δ - (10 - 30 m/sec) zum grössten Teil aber in marklosen C - Fasern (0,5 - 2 m/sec).

* KENSHALO, D.R. und NAFE, J.P. : A quantitative theory of feeling : 1960 Psychol. Rev., 69, 17-33, 1962

Bei leichter mechanischer Reizung der Haut tritt eine Berührungsempfindung auf, die bei stärkeren Druckreizen kontinuierlich in eine Druckempfindung von abstufbarer Intensität übergeht. Der adäquate Reiz für die Erregung der Drucksinnesempfänger ist eine mechanische Deformation der Haut, und zwar nicht ein grossflächiger, gleichmässiger Druck, sondern ein räumliches Druckgefälle.

Periodische Erschütterungen der Haut führen zu einer Vibrationsempfindung. Die Vibrationsschwellen sind frequenzabhängig, wobei sich ein Kurvenverlauf ergibt, der an die Hörschwellenkurve erinnert. Frequenzunterschiede von 10% lassen sich noch gut erkennen.

Die Stärke einer Druck- oder Berührungsempfindung hängt im wesentlichen von folgenden Reizparametern ab :

1. von der Grösse der Deformation;
2. von der Änderungsgeschwindigkeit der Deformation,
3. von der Grösse der Reizfläche bzw. der Anzahl der gleichzeitig erregten Rezeptoren

Übt man einen zeitlich konstanten Druck auf die Haut aus, so tritt nach kurzer Zeit eine Adaptation der Mechanorezeptoren ein, die sich elektrophysiologisch in einer Abnahme der Impulsfrequenz äussert.

Der Tastsinn ermöglicht uns eine genaue Reizlokalisation auf der Körperoberfläche. Die sog. "Raumschwelle" ist ein Mass für die Feinheit des taktilen räumlichen Auflösungsvermögens.

Je nach Vorhaben unterscheidet man simultane von sukzessiven Raumschwellen.

Das Auflösungsvermögen zeigt grosse lokale Schwankungen.

Die kleinsten Raumschwellen finden sich an der Zungenspitze (1 mm) und an der Fingerbeere (2 mm).

3.1 EVOZIERTE POTENTIALE UND METHODEN IHRER REGISTRIERUNG

An dieser Stelle sei eine allgemeine Definition des EPs gegeben, ohne hier auf seine Morphologie einzugehen.

Im Gegensatz zur unspezifischen hirnelektrischen Spontanaktivität wie sie sich im EEG äussert, ist das EP Ausdruck einer spezifischen Aktivität mit Erregungen, die in konstanter und charakteristischer Funktion ablaufen.

Sein Verlauf ist korreliert mit physikalischen und psychischen Vorgängen.

Bereits von CATON wurde es im Anschluss an sensorische Reizung als charakteristische Potentialschwankung beobachtet, obwohl es von der übrigen hirnelektrischen Spontanaktivität überlagert wurde.

Die sog. sensorisch evozierten Potentiale (SEP) konnten zuerst von DERBYSHIRE 1936 im Tierversuch nachgewiesen werden.

Die Spannungsschwankungen des EEGs weisen Amplituden von ca. 20 bis 150 Mikrovolt auf. Die EPs dagegen machen sich in einem nur sehr schwachen und relativ kurzfristigen Erregungsablauf mit Amplituden von 5 - 10 Mikrovolt bemerkbar.

Die Darstellung der EPs beruht auf der Schwierigkeit, die Synchronaktivität im EEG von der Spontanaktivität zu trennen.

Die reizspezifische Erregungsaktivität wird von der EEG-Spontanaktivität überlagert.

DAWSON 1947 behalf sich als erster damit, indem er den Reizpunkt mit einem Oszillographen triggerte. Der Verlauf des Kathodenstrahls wurde photographisch über eine grössere Anzahl von reizgetriggerten EEG-Aktivitäten festgehalten. Dies ergibt die superponierte Kurve des spezifischen Erregungsgeschehens. Der grosse Nachteil dieser Methode besteht darin,

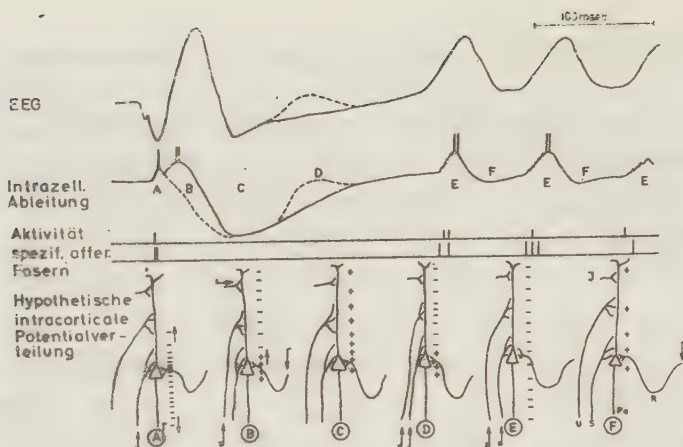


Abb. 10: Schematische Darstellung der Entstehung eines evolierten Potentials nach elektrischer Reizung

Oben sind die elektrischen Potentiale dargestellt, unten die mögliche Verteilung von Potentialen in den Strukturen der Hirnrinde (afferente Fasern, Soma und Dendrit der Pyramidenzellen), die wahrscheinlich hauptsächlich für die langsamen Potentiale verantwortlich sind. Von links nach rechts sind Zustände zu verschiedenen Zeiten nach Reizbeginn dargestellt (Zeitmaßstab rechts oben). Das evolierte Potential beginnt mit einer kurzen Oberflächenpositivität, der ein breiteres negatives Potential folgt. Dem schließt sich eine längere, flache Positivität der Cortexoberfläche an (150–250 msec) und dann folgt die rhythmische Nachentladung. In der zweiten Zeile sind die EPSP und IPSP der corticalen Nervenzellen dargestellt. A: Primäres EPSP (vorwiegend tief am Soma lokalisiert). B: Sekundäres, «unspezifisches» EPSP (vorwiegend an den apikalen Dendriten lokalisiert, es kann gelegentlich ganz durch das nachfolgende IPSP maskiert werden). C: IPSP (dem in D gelegentlich ein spätes, unspezifisches EPSP überlagert sein kann). E: Spindelwellen der Nachentladung mit summierten EPSP (nicht immer vorhanden). Unten sind die Aktivitätszustände der corticalen Elemente schematisch dargestellt. In A findet sich vorwiegend eine Aktivität der afferenten Fasern (nach oben gerichteter Pfeil mit zwei Querbalken, die die Stärke der Erregung symbolisieren) und EPSPs in der Gegend der Pyramidenzellsomata (und der basalen Dendriten?). Gleichzeitig entladen afferente Fasern (nach unten gerichteter Pfeil mit einem Querbalken), wenn die EPSPs überschwellig sind. Entsprechend findet sich eine starke Negativität (Senke) in der Tiefe der Hirnrinde und eine Positivität (Quelle) an der Hirnrindenoberfläche. In B breitet sich die Negativität auch auf die apikalen Dendriten elektrotonisch aus. Gleichzeitig ist angenommen, daß axodendritische Synapsen an den apikalen Dendriten (z. T. über «unspezifische» Fasern) aktiviert werden (nach aufwärts gerichtete und horizontale Pfeile). Die Folge ist eine Senke (Negativität) nahe der Hirnrindenoberfläche und damit ein negatives Potential. Zu gleicher Zeit kommt es (hier über rekurrende Kollaterale, nach unten gerichteter Pfeil) zu einer Hemmung (IPSP) im Somabereich und damit zu einer tief im Cortex gelegenen Quelle (Positivität), die ebenfalls in einer oberflächlichen Negativität resultiert. In C hat sich die Zellpolarisation (IPSP) auf die ganze Somadendritenmembran ausgebreitet, so daß auch die Cortexoberfläche eine leichte Positivierung zeigt. In D–F, während der Nachentladung, werden – wie in Abb. 1 schematisch dargestellt – die axo-dendritischen Synapsen durch synchronisierte, rhythmische thalamo-corticale Faserentladungen aktiviert. Gelegentliche rekurrende Hemmung im Cortex (F, nach unten gerichteter Pfeil) führt zu einer Positivierung wie in C. Symbole: I = Interneuron, S = spezifische, U = unspezifische thalamo-corticale Faser, Pa = Axon einer Pyramidenzelle, R = rekurrende Faser (aus CREUTZFELDT und KUHN 1967).

dass keine präzise Amplituden - und Latenzzeitmessung möglich ist und dass nur solche EPs sichtbar gemacht werden können, die sich durch Regelmässigkeit, Prägnanz und Grösse auszeichnen.

Eine Verbesserung des Signal - Rauschverhältnisses gelingt mit dem Mittelungs- oder Summierungsverfahren. Bei dieser auch als Averaging technique bezeichneten Methode werden die jeweils zugehörigen Amplituden des digitalisierten EEGs aufsummiert und gemittelt. Wie bei der Superpositionstechnik wird auch hier die Fensterung des EEGs durch einen Trigger erzeugt. Damit findet theoretisch eine Verbesserung des Signalstörabstandes statt, der mit der Wurzel aus der Anzahl der Mittelungsschritte zunimmt.

Das Herauswachsen des Signals aus dem Rauschen des EEGs veranschaulicht Abb.11. Eine Zunahme der Mittelungszahl lässt vor allem die mittleren und späten Komponenten des EPs erkennen.

Da zwischen den Amplituden des Spontanprozesses und dem Reiz keinerlei konstante zeitliche Beziehung besteht, da es sich um eine Zufallsverteilung handelt, mittelt sich der EEG - Spontanprozess heraus. Es bleibt das evozierte Potential.

Die folgende Abb.13 veranschaulicht nochmals den Mittelungsprozess. Die Vp wurde mit Sinustönen von 1000 Hz bei 70 dB gereizt. Auf der linken Seite befinden sich die einzelnen Samples so, wie sie durch den Reiztrigger aus dem EEG gefenstert wurden. Die rechte zugehörige Hälfte zeigt die Mittelungskurven mit den bis dahin gemittelten EPs.

Der Computer hat dabei an folgenden Stellen der Average - kurven den Darstellungsstab gewechselt :
von 1 nach 2, von 3 nach 4, von 8 nach 9. In den weiteren

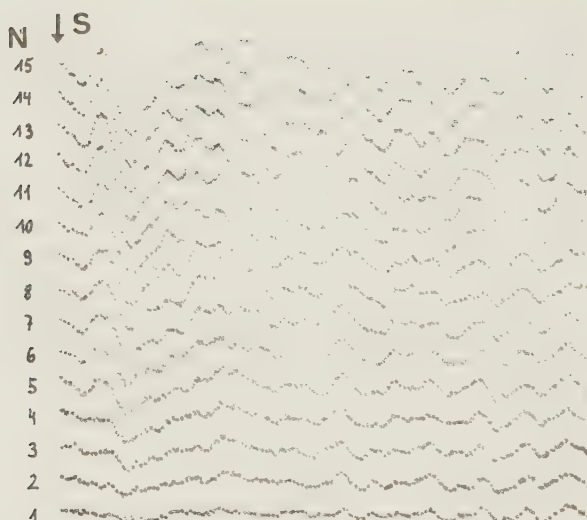


Abb. 11

Normiert ausgeschriebene AmFs bei zunehmender Anzahl von Mittelungsschritten. N entspricht der Mittelungsanzahl.

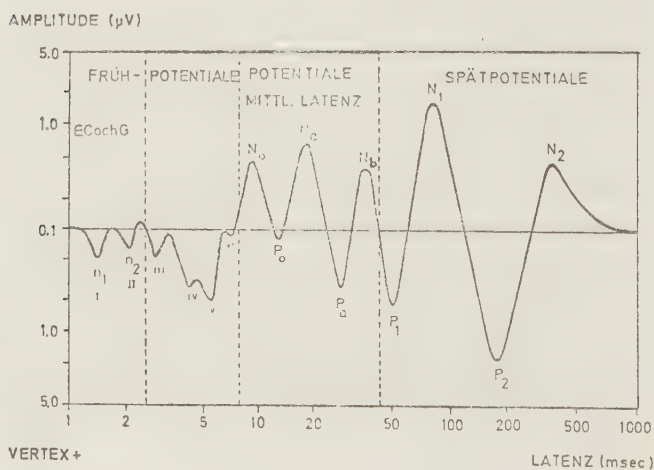


Abb. 12

nach:
PICTON et al.
1974

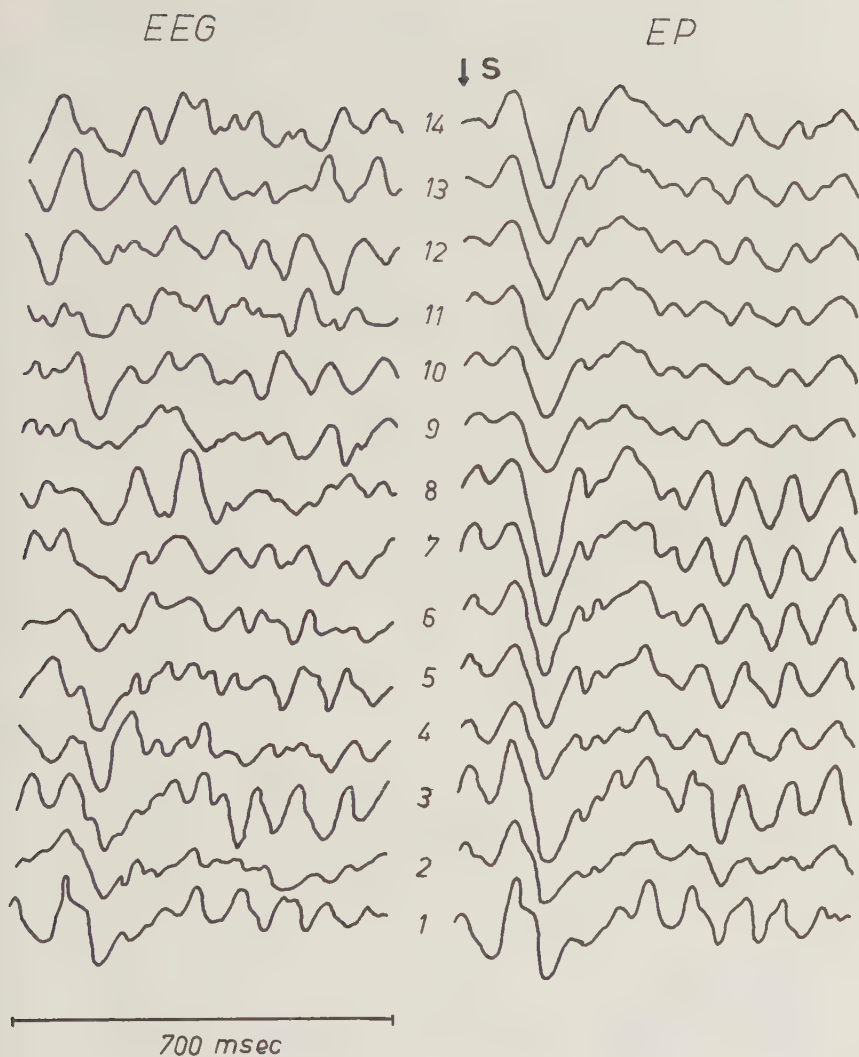


Abb. 13

AEP von Vp 123 bei 1000 Hz Sinuston und 70 dB

Ableitung : Vertex - Mastoid

Darstellungen haben wir deshalb auf eine kalibrierte Ausschreibung der Kurven verzichtet.

Technische Fragen und Probleme die in der Average-Technik eine grosse Rolle spielen, sind hier nicht zu diskutieren. Von Interesse sind jedoch einige Fehlermöglichkeiten.

Diese sind zum einen rein statistischer Art. Summenkurven oder Mittelwertskurven sind sehr stark abhängig von Extremwerten:

"Ausreisser" (z.B. durch Bewegungsartefakte wie Schlucken) und vor allem nichtstationäre Spontanaktivitäten (Verschiebung der Nulllinie) die man anhand des Amplitudenhistogrammes darstellen und identifizieren kann. Bisherige Averager waren ein überwiegend technischer Kompromiss und verlangten grosse Mittelungszahlen für jede Average-Kurve. Da in fast allen Fällen auch heute noch zwischen 50 bis 100 mal pro Kurve gemittelt wird, sind die Latenzzeiten der EP - Komponenten z.B. durch Ermüdung, Habituation etc. nicht stationär.

Bei zunehmenden Mittelungsanzahlen kommt es somit häufig nicht etwa zu deutlicheren Antwortkomponenten, sondern zu deren erneutem Verschwinden.

Für die Psychologie stellt sich die Frage nach der Zugehörigkeit des EPs. Ist es ausschliesslich als ein Produkt und Abbild des Reizgeschehens aufzufassen, als eine spezifische Antwort des Gehirns auf die afferenten Erregungen, oder ist es ein Korrelat des Erlebens, die unmittelbare Grundlage der psychischen Prozesse ?

GUTTMAN (1968) zeigte in einem Versuch, dass sich die Amplitude von N_1 und P_2 mit subjektiv erlebten Intensitätsunterschieden verändert.

Es kann somit angenommen werden, dass ein eindeutiger Zusammenhang zwischen EP und dem Erleben besteht.

3.2 MOTORPOTENTIALE

Das motorische Bereitschaftspotential

Die durch Willkürbewegungen hervorgerufenen EEG-Potentialveränderungen wurden 1951 von BATES nachgewiesen. Die deutlichsten Potentialschwankungen zeigten sich bei der Aufzeichnung der Bewegung aus dem Bereich des Gyrus praecentralis kontralateral zur bewegten Extremität nach 20 bis 40 msec. Dies interpretiert BATES als Ausdruck reafferenter sensorischer Impulse im Cortex. Diese Potentiale sind Ausdruck eines reaktiven Geschehens, die Rückmeldung einer Bewegung, der aber ein hirnelektrisches Geschehen vorangegangen sein muss.

KORNHUBER u. DEEKE (1965) untersuchten die hirnelektrische Aktivität, die einem spontanen Verhalten vorausgeht. Die Vpn hatten die Aufgabe, in beliebigen Zeitintervallen auf eine Taste zu drücken. Dies wurde als Trigger gleichzeitig mit dem EEG auf Magnetband aufgezeichnet. Anschliessend wurden die EEGs mit einem Pretrigger von 2 sec. analysiert. Es wurde untersucht:

- a) Willkürbewegungen der Hand und des Fusses

b) Passive Handbewegungen

Bei Versuchsbedingung a) zeigt sich ein oberflächennegatives Potential 1 - 1,5 sec vor Beginn der Muskelaktivität. Die höchste Amplitude erscheint etwa 50 msec nach Bewegungsbeginn. Anschliessend schlägt sie in eine grosse positive Welle um.

Als Bereitschaftspotential bezeichnet man das grosse oberflächen-negative Potential vor der Bewegung, da es den Ausdruck einer Handlungsbereitschaft besitzt und eine unmittelbar bevorstehende motorische Reaktion anzeigt.

Praecentral und frontal ist das Bereitschaftspotential deutlicher ausgeprägt als occipital und auf der kontralateralen Seite der bewegten Extremität.

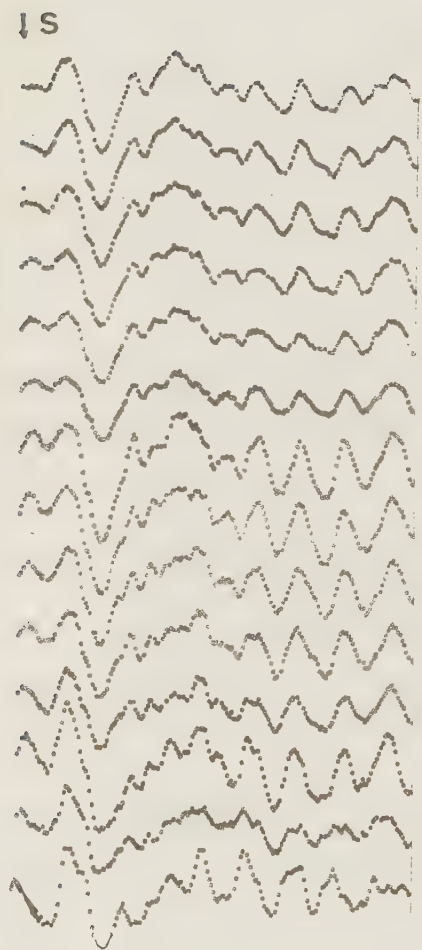


Abb. 14

AEPs von 1000 Hz und 70 dB
ohne Drücken des Reaktions-
zeitknopfes.

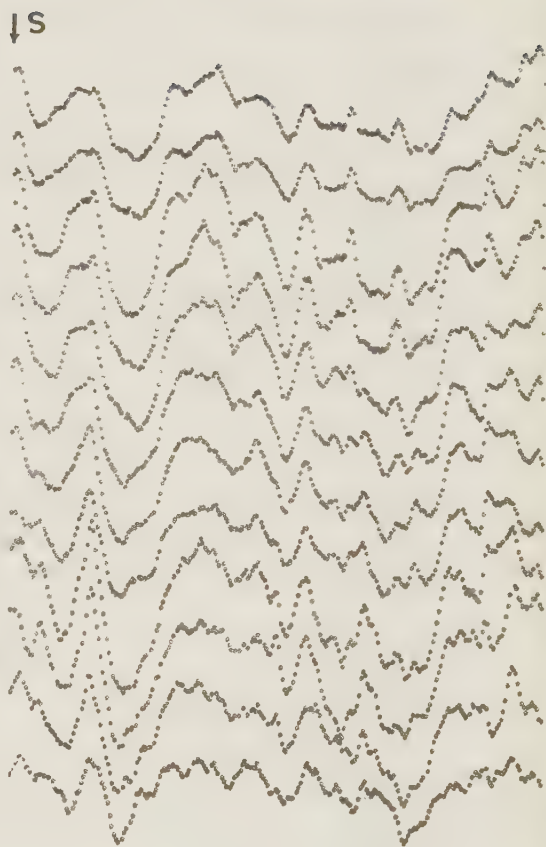


Abb. 15

Wie Abb. 14 nur mit Drücken
des Reaktionszeitknopfes.

Die Amplitude beträgt 10 - 15 μV und ist auf der zur bewegten Extremität ipsilateralen Hemisphäre 75% des kontralateralen Potentials.

Der Potentialverlauf nach der Bewegung erfolgt mehrphasig mit einem positiven Maximum bei 330 msec Latenz, einem negativen Gipfel bei 550 msec und einem nochmaligen positiven Maximum bei 190 msec.

Bei Versuchsbedingung b) konnte kein Bereitschaftspotential nachgewiesen werden.

GILDEN et al. (1965) bestätigten diese Versuche. Sie führten den Begriff "motor potential" ein.

3.3 CNV und Erwartungswelle

WALTER et al. (1964) machten folgendes Experiment:

Auf einen Reiz (optisch oder akustisch) folgte nach einem Intervall von einer Sekunde ein zweiter Reiz der entgegengesetzten Sinnesmodalität in einer hochfrequenten Folge. Die Vpn hatten die Aufgabe, den zweiten Reiz durch einen Tastendruck zu stoppen. So wurde der erste Reiz zum Vorseignal, gefolgt vom zweiten Reiz, dem Hauptsignal.

Das EP, als Antwort auf den ersten Reiz, zeigt eine kurze positive Welle mit kleiner Amplitude, gefolgt von einer kurzen negativen Welle mit grosser Amplitude, welche in eine kurze positive Welle mit erhöhter Amplitude übergeht und von einer langen, langsam ansteigenden oberflächennegativen Welle von ca. einer Sekunde Dauer gefolgt wird, welche 120 msec nach dem zweiten Reiz endet.

Dieses langsame, oberflächennegative Potential, die " contingent negative variation " (CNV), von dem gesichert

werden konnte, dass es keine Folge des Signalreizes oder ein anderes Artefakt ist, wurde von den Autoren als Ausdruck einer Erwartung aufgefasst : Erwartungswelle (" expectancy wave "). In einem Kontrollversuch wurde das Vorsignal oder das Haupt-signal, bzw. die Kombination beider, gesondert vorgegeben. Die CNV konnte ohne Reaktion der Vpn nicht ausgelöst werden.

Das Ausmass der Negativierung zeigt eine positive Korrelation mit der Aufmerksamkeit der Vpn. Die Erwartungswelle zeigt sich umso deutlicher, je kürzer die Reaktionszeiten sind. Die CNV trat auch dann auf, wenn das Hauptsignal ausfiel. Sie verringerte sich jedoch mit der Anzahl der unverstärkten Darbietungen des Vorsignals und verschwand erst nach dreissigmaliger unverstärkter Vorgabe. Die CNV kann auch als Ausdruck des Motivationsgrades gelten. IRVIN et al. (1966), McCALLUM (1968) und REBERT et al. (1967) fanden gesicherte Beziehungen zwischen CNV und Antriebsstatus. IRVIN konnte bei aktiver Zuwendung bzw. Reaktion auf ein Signal eine grössere CNV nachweisen als bei Nichtbeachtung eines Signals.

REBERT variierte die Intensität des Hauptsignals, welches eine Sekunde nach dem Vorsignal erfolgte. Die Schwierigkeit der Wahrnehmung war verschieden. Die negative Welle war sehr viel grösser bei schwer hörbaren Tönen die eine aufmerksame und konzentrierte Zuwendung der Vp erforderten.

Man kann die bisherigen Ergebnisse dahingehend zusammenfassen, dass für einen nichtsensorischen Bereich eine spezifische Synchronaktivität nachgewiesen werden konnte, die nicht Ausdruck eines Reizgeschehens ist, sondern innere Prozesse begleitet.

3.4 Die Formatio reticularis

Die Reticulärsubstanz des Hirnstammes besteht funktionell aus einem motorischen und einem sensorischen Anteil.

Beide weisen doppelläufige Verbindungen mit anderen Hirnstrukturen auf. Sie kann durch alle Sinnesreize aktiviert werden, da sie durch Axonkollaterale mit den afferenten Bahnen der Sinne in Verbindung steht. Im Gegensatz zu den spezifischen Sinnesbahnen sind die Projektionen des unspezifisch retikulären Systems auf der Grosshirnrinde diffus verteilt.

Im EEG kommt diese generalisierte Erregungsausbreitung gut zum Vorschein. Vom typischen Schlaf-EEG (Überwiegen der Delta- und Theta-Wellen) wechselt bei einem Weckreiz im Anschluss an ein EP das EEG schlagartig in einen höheren Frequenzbereich über. Gleichzeitig verlagert sich auch das corticale Bestandpotential zur negativen Seite hin. Wird die F.r. doppelseitig zerstört oder durch Pharmaka ausgeschaltet, findet der beschriebene Effekt nicht statt.

Das Aktivitätsniveau der F.r. spielt für die Einstellung der Bewusstseinslage eine wesentliche Rolle. Sie kann die Intensität der Wahrnehmungen beeinflussen.

Orientierungsreaktionen und Habituation sind also abhängig vom Aktivitätsniveau der F.r.. Man bezeichnet diesen Mechanismus auch als Erregungsselektion.

KEIDEL (1963) macht die F.r. für eine Funktion verantwortlich, die man als Informationsdrosselung bezeichnen kann und die er "optimalisierende Selektionsfunktion" nennt. Werden mehr als ein Sinneskanal beansprucht, erfolgt ein Entzug an Informationskapazität. Die "optimalisierende Selektionsfunktion" hat nun die Aufgabe, den beschränkten Informationsfluss so zu verteilen, dass stets der Sinneskanal die maximale Informationskapazität besitzt,

welcher gerade die informationsreichste, neueste Signaländerung liefert.

Leitet man EPs in Narkose ab, so findet man, dass die bioelektrischen Reaktionen auf einen engeren Bereich der primären Projektionsfelder beschränkt bleiben.

Zur selektiven Wahrnehmung wurden auf dem Gebiet der EPs schon einige Untersuchungen durchgeführt. Hier seien nur die Arbeiten von HERNANDEZ - PEON et al. erwähnt.

Vom Nucleus cochlearis einer Katze leitete er durch einen lauten Click evozierte Potentiale ab. Wurde die Katze durch das Erscheinen einer Maus im Katzenkäfig abgelenkt, nahm die Amplitude zwischen N_1 und P_2 bedeutend ab.

Derselbe Autor konnte den gleichen Sachverhalt auch am Menschen nachweisen.

Die akustischen Impulse erreichten jene neuronale Struktur nicht mehr, die die Bewusstwerdung und Wahrnehmung steuert. Durch die sog. sensorische Inhibition wurden die ankommenden Erregungen insignifikanter Reize bereits im ersten Umschaltneuron der sensorischen Bahn gehemmt.

Die efferenten Bahnen des Cortex sind aber nicht nur in der Lage inhibitorisch zu wirken. Von den excitatorisch - fördernden Prozessen, die sie ebenso regeln, kennt man spontane Oszillationen.

Die Amplitudenhöhen von EPs schwanken daher in diesem Rhythmus. Dies trifft überwiegend auf die Potentiale von N_1 und P_2 zu.

4.1 LANGSAME RINDENPOTENTIALE

Wie aus Abb.42 hervorgeht, bezeichnet man die mit speziellen Techniken im Zeitraum von 0 bis 7 msec abgeleiteten Potentiale im akustischen Bereich als Frühpotentiale; im Zeitbereich bis 50 msec als mittlere Potentiale. Vom VER und SER sind derartige Komponenten nicht bekannt. Über das Zustandekommen der Frühpotentiale und ihre Bedeutung ist die Forschung augenblicklich intensiv bemüht. Die Entstehungsmechanismen der langsamen Rindenpotentiale zwischen 50 und 300 msec hat man bisher nur Vermutungen und noch keine eigentlichen Modelle. Diese späten Komponenten finden sich am deutlichsten, wenn Schallreize von längerer Dauer (als günstig erwiesen sich 300 msec) bei grösseren Reizintervallen gegeben werden. Mit den üblichen EEG - Verstärkern treten sie nur bei Reizbeginn und -ende auf.

P.DAVIS* bezeichnete sie als On- und Off-Effekt. Sie treten mit einer definierten Latenz nach dem Einsatz eines Reizes auf. Im Zeitbereich von 90 bis 140 msec kommt es zu einem negativen Maximum und nach etwa 180 bis 220 msec zu einem positiven Maximum. Über einem Bereich von 300 msec Reizdauer kommt es zu reizstärke- proportionalen Gleichspannungsschwankungen. Bei Reizende findet sich der wesentlich schwächere Off-Effekt (30 - 50% des On-Effektes), der zwar den On-Komponenten in seiner Form ähnelt, bezogen auf das Ende aber eine um ca. 50 msec geringere Latenz besitzt. Der Off-Effekt zeigt keine Abhängigkeit von der Dauer der jeweiligen Beschallung.

*DAVIS,P.: Effekt of acoustic stimuli on the waking human brain. J. Neurophysiol. 2 (1939), 494-499

Welche Information kann nun in den Spannungsschwankungen der späten Rindenpotentiale stecken?

Insgesamt haben wir Summenableitungen vor uns, die durch relativ grosse Ableitelektroden registriert werden. Dabei werden keine Einzelelemente, sondern ganze neuronale Schaltebenen erfasst. Man muss sich daher fragen, welche Aussagen man aus einem Summenpotential im Gegensatz zur Einzelableitung treffen kann.

Die langsamen Rindenpotentiale sind mit den Erregungs- und Hemmvorgängen der Einzelelemente streng korreliert. Die einzelnen neuronalen Elemente arbeiten stets in Gruppen. Dabei können sie von Augenblick zu Augenblick ihre Gruppenzugehörigkeit wechseln, was mit weitreichenden Folgen verbunden ist.* So können etwa die Spannungsmaxima der Summenpotentiale sowohl von der Synchronisierung der Einzelelemente, als auch von deren Anzahl und Tätigkeit abhängen.

Eindeutige Schlüsse kann man somit noch nicht ziehen, ob die langsamen Komponenten des EPs die Ursache oder bereits das Abbild von Aktivitäten einzelner Einheiten sind. Dies ist schon deshalb schwierig zu entscheiden, weil die Erregungen nicht lokal begrenzt bleiben, sondern sich elektrisch und funktionell längs der Leiterstrukturen im Cortex ausbreiten. Erregungs- und Hemmbereiche wechseln sich dabei sowohl räumlich als auch zeitlich ab. Kopfhautableitungen stimmen überwiegend dann mit intracortikalen Ableitungen überein, wenn die Hirnrinde am Ableitort nicht mehrfach gefaltet ist.

Trotzdem sind kortikale Erregungsquellen nur auf ca. 5 - 10 mm genau von der Kopfhaut aus zu lokalisieren. Denn ein weiterer Parameter liegt in der Entfernung des "Generators" von der kortikalen Oberfläche, da es sich beim Gehirn um einen

*siehe Arbeiten von CREUTZFELDT et al.

3-dimensionalen Körper handelt, der elektrisch gesehen als Volumenleiter zu betrachten ist.

Je tiefer die Quelle, umso stärker die Abschwächung, aber umso grösser die Ausbreitung der Spannungsschwankungen. Die besonders guten Ableitmöglichkeiten vom Vertex lassen sich daher erklären, dass die in der linken und rechten Hemisphäre liegenden Projektionsfelder auf halber Strecke ein Summationsmaximum hervorrufen. Anatomisch entspricht diesem Ableitungsgebiet keine ausgezeichnete oder abgrenzbare Hirnregion. An denselben Ableitungsstellen lassen sich auch durch andere Sinnesreize grosse Amplituden der Reaktionspotentiale erzielen.

Man muss annehmen, dass die an der Schädeldecke gemessenen Rindenpotentiale nur noch $1/50$ bis $1/1000$ ihres ursprünglichen Wertes betragen und dadurch in der kortikalen Spontanaktivität untergehen.

Man schätzt das mittlere Signalstörverhältnis beim Menschen auf $1 : 5$.

Abb. 16 a

↓ S

b

4.2 Auswirkungen der Habituation auf die evozierten Potentiale

Bei langdauernder monotoner Reizung können Potentialveränderungen beobachtet werden, d.h. mit zunehmender Versuchsdauer nimmt die Amplitude ständig ab.

BOGACZ et al. (1962) boten einen Reiz mit einem Reizintervall von einer Sekunde. Bei fortschreitender Summierung von vierzig Reizen zeigt sich eine kontinuierliche Amplitudenverminderung, die durch Reizhabituation zu erklären ist. HAIDER et al. (1964) bestätigten dieses Ergebnis. In seinem Versuch verlangte er bei monotoner optischer Reizung eine Vigilanzleistung. Bei schrittweiser Aufsummierung zeigte sich eine Verringerung der Amplitude. - Die Korrelation zwischen dem Abfall der Vigilanzleistung und der Potentialamplitude ergab einen Wert von $r = +0.75$, die Korrelation zwischen den Latenzen und der Vigilanzleistung ergab $r = -0.75$. Es zeigte sich ein kontinuierliches Absinken des Aktivierungsniveaus.

BERGAMINI et al. (1966) glaubten eine Erklärung für die Amplitudenverringerung der VERs gefunden zu haben. Amplitude und Latenz des VEPs stehen in Beziehung zum Pupillendurchmesser und damit auch zur einfallenden Lichtmenge. Bei verengter Pupille ist die Amplitude kleiner und die Latenz länger.

BERGAMINI et al. (1966), BERGAMASCO et al. (1964), PAGNI et al. (1964) fanden bei iterativer optischer Reizung eine Habituation des VEPs mit gleichzeitig starker Pupillenverengung. Bleibt die Pupille extrem erweitert, zeigt sich keine Habituation.

WORDEN und MARSH (1963), MARSH und WORDEN (1964) konnten keine Habituation bei Tieren nachweisen. Der Reiz ruft

immer dieselbe Erregung im Rezeptor für akustische Reize hervor.

BERGAMINI et al. (1965) konnten bei Vpn mit kongenitaler Aniridie deutlich verlangsamte Habituation des VEPs nachweisen. Die Hypothese BERGAMINIs und BERGAMASCOS lautet dahingehend, dass die Habituation ein Phänomen mit peripherem Ursprung ist. Die Veränderung der unspezifischen corticalen Aktivierung bewirkt nicht direkt eine Amplitudenveränderung der VER bei langdauernder monotoner Reizung, sondern eine Veränderung des Pupillendurchmessers und damit der Potentialamplitude je nach einfallender Lichtmenge. Wie aber auch aus eigenen Plotts (Abb. 16a + 16b) zu ersehen ist, findet auch bei akustischen Potentialen bei fortschreitender Reizung eine Abnahme der Amplituden statt. Die ersten drei Mittlungen bei einer hohen Intensität (z.B. 110 dB) zeigen dieses Verhalten meist sehr beeindruckend. Dabei dürfte sich der Stapedius-Reflex als Schutzfunktion und kompensatorisch einschalten. Der Verlauf der Habituation für das VER ist in der folgenden Abb. 17 dargestellt.

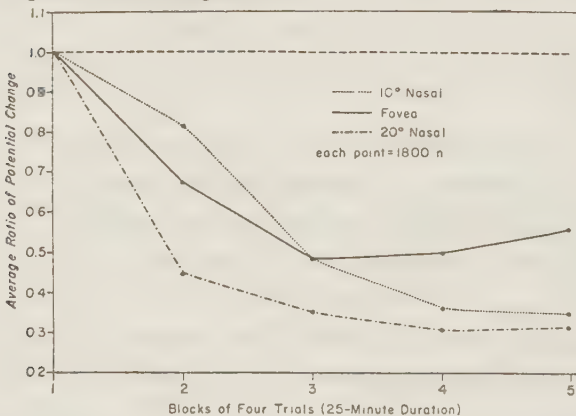


Abb. 17. Habituation of VER to three stimulus locations. Experimental conditions given in Figure III-5. Three sessions at each location were combined, and the size in area of each block of four trials is expressed as a percentage of the first block of four trials for each location.

After Perry, N.W., Jr., and Copenhaver, R.M.: Differential cortical habituation with stimulation of central and peripheral retina. *Percept Motor Skills*, 20:1209-1213, 1965.

4.3 Das langsame Rindenpotential beeinflussende Faktoren

- a) Von der Reizart abhängige Einflüsse
- b) Nicht von der Reizart abhängige Einflüsse
(psychologische Variable)

Zu a) Die Beeinflussung der EPs durch die Art der Reizgabe ist derzeit wohl am besten untersucht. Global lässt sich aussagen, dass die meisten Komponenten der EPs bei sukzessiver monotoner Wiederholung bezüglich Latenzzeitverhalten und zugehöriger Amplituden abnehmen. Die Gründe hierfür liegen in der Adaptation, Habituation und Ermüdung.

Da diese Ergebnisse von grosser Bedeutung für unseren Versuchsaufbau sind, seien die nötigen Abbildungen aus E.STURZEBECHER et al. (1974) hier wiedergegeben.

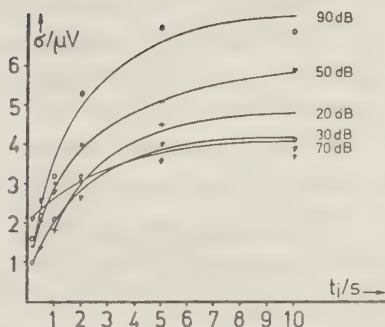


Abb. 18. Standardabweichung der AEP-Amplituden in Abhängigkeit von der Pausendauer zwischen den Reizen.

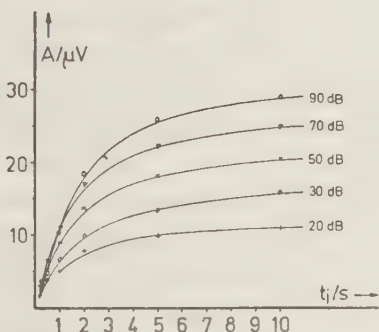


Abb. 19. Abhängigkeit der N_1-P_2 -Amplitude des AEP von der Pausendauer zwischen den Reizen mit dem Schallpegel als Parameter.

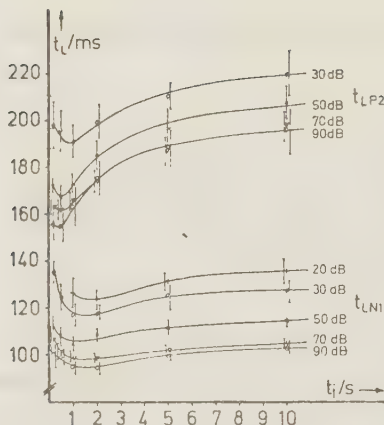


Abb. 20 Abhängigkeit der Latenzen des AEP (N_1 und P_2) von der Pausendauer zwischen den Reizen (ein senkrechter Balken = 1σ).

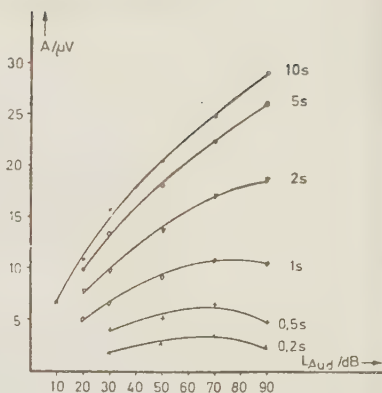


Abb. 24 Reizstärke-Erregungs-Kennlinienschar, durch Umzeichnen der Abb. 2 erhalten. Parameter ist die Reizintervalldauer. (Standardabweichungen siehe Abb. 3.)

Die durch die objektive Audiometrie am meisten untersuchte Beziehung ist die zwischen der Grösse des Rindenpotentials und der Lautheitsempfindung. Aus der Grösse der Amplitudendifferenz zwischen N_1 und P_2 lässt sich nämlich die objektive Hörschwelle ableiten.

Nach KEIDEL und SPRENG (1965) trifft auf diese Grösse die STEVENS-power-function zu.

STEVENS (1961) hatte die Beziehung zwischen Reiz- und Empfindungsgrösse in allen Sinnesmodalitäten psychophysisch gemessen und dabei eine einfache mathematische Beziehung aufgedeckt :

$$E = k \cdot S^n$$

- E ist die Empfindungsgrösse
- k eine Konstante (in Abhängigkeit vom Masstab)
- S die physikalische Reizgrösse
- n ein Exponent, der für jede Sinnesmodalität eine charakteristische Grösse hat

Stellt man diese Potenzfunktion im doppellogarithmischen Masstab dar, erhält man eine Gerade, deren Steilheit gleich dem Wert des Exponenten ist. Stevens gibt ihn für den akustischen Bereich mit etwa 0.3 an.

Leitet man zwischen Mastoid und halber Vertex-strecke die EPs ab und trägt die Amplitude logarithmisch über dem Schalldruck in dB auf, soll sich nach KEIDEL und SPRENG ebenfalls eine lineare Funktion ergeben. Schallpegelwerte über 70 dB sollen dabei besser durch eine einfache logarithmische Funktion-genähert werden. Je nach Reizfolge (1/30 bis 4 sec) schwankt der Exponent zwischen 0.28 und 0.07. Adaptation und Habituation machen sich hier stark bemerkbar. Im Übrigen ist es schwierig Kriterien anzugeben, in welchem Streubereich eine Kurve noch als linear anzusehen ist oder nicht. Die Ergebnisse bleiben daher nicht unwidersprochen. (GERIN 1968)

"Es geht jedoch bei den ... Vergleichen zwischen subjektiven und objektiven Messungen bei allen Sinnesmodalitäten ... nicht darum, die beste mathematische Näherung zu finden. Vielmehr ist die Frage interessanter, wie sich die Exponenten eines mehr oder weniger gut nähernden Potenzgesetzes (doppellogarithmische Näherung) innerhalb der verschiedenen Sinnesmodalitäten verhalten bzw. in welchem Verhältnis sie zu den subjektiv bestimmten Exponenten stehen." (SPRENG, M.: in KEIDEL 1975)

Wie schon Stevens allgemein beschrieb, gilt die im doppellogarithmischen Masstab lineare Beziehung zwischen Reizstärke und Amplitudendifferenz $N_1 - P_2$ nur innerhalb gewisser Grenzen, die individuell sehr verschieden sein können.

Von 60 - 70 dB SPL an erreicht die Amplitude des EPs einen Sättigungswert. Dadurch entsteht eine gekrümmte Kennlinie.

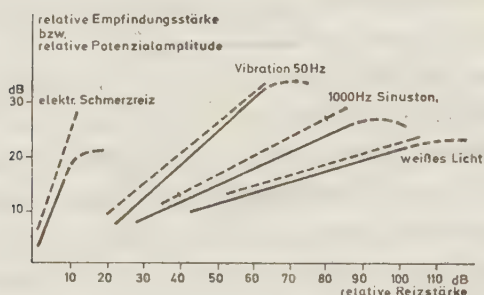


Abb. 2.2 Reizstärkeabhängigkeit der evozierten Hirnpotentiale (für Schmerz, Vibration, Sinuston und Licht dargestellt). Die dazu jeweils gestrichelten Linien stellen die im psycho-physischen Versuch gemessenen Reizstärkebeziehungen dar (STEVENS-power-functions) (nach KEIDEL u. SPRENG 1964).

Zu b) Die Auswirkungen psychologischer Variablen auf die frühen, mittleren und späten Komponenten der EPs sind bisher kaum mehr als andeutungsweise beschreibbar. Man kann lediglich annehmen, dass es in der nächsten Zeit gelingen wird, einigen dieser Variablen auf die Spur zu kommen. Bevor man sich aber rein begrifflich nicht genau darüber im klaren ist, was man etwa unter Aufmerksamkeit oder Intelligenz versteht, kann man auch keine präzisen Versuche planen, um diese Begriffe zu untersuchen.

Diese Lage macht es verständlich, dass man über die EPs vorerst nur globale Aussagen treffen kann, etwa: Es lassen sich Veränderungen bezüglich des Vigilanzzustandes erfassen, oder der Einfluss einer allgemeinen Steigerung der Aktivitätslage ("alertness") kann gemessen werden.

5.1 EEG, EVOZIERTES POTENTIAL UND INTELLIGENZ

In seiner Auseinandersetzung mit ROHRACHER postulierte BERGER (1933), daß sich aus dem EEG psychologische Variablen ableiten lassen. Bisher erwies sich das EEG aber ausschließlich als diagnostische Hilfe für die Lokalisation von Tumoren, zur Diagnose der Epilepsie etc.

Auch die Aussagen BERGERS, daß eine verlangsamte Alpha-Frequenz bei Intelligenzminderung zu finden sei, konnte bisher nicht unwidersprochen-belegt werden.

Die Hauptvertreter auf der Seite von BERGER sind KNOTT (1942) und MUNDY-CASTLE (1958). Die zeitgenössischen Gegner dieser Annahme waren SHAGASS (1945) und GASTAUT (1960), die sogar eine extrem hohe negative Korrelation nachgewiesen haben wollen.

In einer zusammenfassenden Arbeit von OSWALD und ROTH (1974)⁺ werden die bisherigen Ergebnisse bezüglich der Intelligenzermessung aus dem EEG und den EPs aufgeführt. Leider sind die Autoren einseitig testpsychologisch orientiert und werten nicht die technisch bedingten Unterschiede in der Aussagekraft der verschiedenen Untersuchungen, die überwiegend auf dem Studium von Literatur der fünfziger und sechziger Jahre basiert. Dieser Artikel führt gut vor Augen, mit welchen enormen statistischen Mängeln diese Arbeiten behaftet sind. Die vereinzelten Untersuchungen,

⁺ OSWALD, W.D. und ROTH, E.: Zusammenhänge zwischen EEG und Intelligenz. Psycholog. Beitr. Bd 16, 1974, 1-47

die auf größere Vpn-Anzahl zurückgehen zeigen dabei überwiegend Nullkorrelationen.

In ihrem Kapitel über EEG-Untersuchungen an geistig normalen Erwachsenen folgern die Autoren:

"Nicht die eher statisch ermittelte individuelle EEG-Symptomatik scheint mit Testintelligenzergebnissen zusammenzuhängen, sondern möglicherweise die relative Höhe der EEG-Veränderungen zwischen dem Ruhezustand und Aktivität, bzw. zwischen den Hemisphären."

Nach diesen Autoren lassen sich in der Mehrzahl der Untersuchungen keine überzeugenden Zusammenhänge zwischen EEG-Frequenzen und Testintelligenzergebnissen nachweisen.

Lediglich einige Autoren haben Zusammenhänge mit dem Handlungs-IQ des WAIS gefunden.

"In den Stichproben, in denen keinerlei Beschränkung der normalen Intelligenzstreuung vorgenommen wurde, ließen sich durchwegs keine Zusammenhänge mit EEG-Variablen nachweisen"

Lediglich eine deutliche Altersabhängigkeit ist nachzuweisen, wobei die Vermutung nahe liegt, daß die positiven Ergebnisse den Alterseinfluß nicht berücksichtigt haben.

Bezüglich der EEG-Untersuchungen an schwachsinnigen Pbn kommen die Autoren zu folgendem Schluß:

1. Da sich positive und negative Ergebnisse annähernd die Waage halten, bleibt es offen, ob mit Hilfe der Alpha-Frequenz Personen mit gestörter von Personen mit normaler Intelligenz differenziert werden können.
2. Patienten mit nachgewiesenen Hirnschäden haben in der Regel ein von der Norm abweichendes EEG (Paroxysmale, Dysrhythmien usw.). In den meisten der diesbezüglichen Untersuchungen hatte dieser Patientenkreis eine unterdurchschnittliche Intelligenz.
3. Es bleibt ungeklärt, ob die bei hirngeschädigten Pbn nachweisbaren EEG-Veränderungen auch bei gleich intelligenten Personen ohne Hirnschädigung zu finden sind. Es ist fraglich, ob die teilweise als "nicht-hirngeschädigte" herangezogene Kontrollgruppen zu Recht in dieser Weise charakterisiert werden dürfen."

Den Anstoß nach Intelligenzmerkmalen in EPs zu suchen,
gab eine Hypothese aus einem Artikel von CHALKE und
ERTL (1965):

"It is generally believed that the late components of the evoked potentials are the electrical sign of information processing or associative activity in the brain. From this, it is reasonable to postulate that a biologically efficient organism should process information mor rapidly than a less efficient organism and that the delay of components of the evoked potentials is a measure of the efficiency of this process."

Die Autoren untersuchten 33 "postgraduate students" mit IQs im oberen Bereich, 11 "Army Cadets" mit IQs im unteren Durchschnittsbereich und 4 geistig Retardierte mit IQs von 50 bis 65. Das Durchschnittsalter lag bei 28 Jahren mit einem Streubereich von 17 bis 41 Jahren. Die weiteren (unpräzisen) Angaben sind für die Aussage dieser Arbeit sehr wesentlich:

"The stimulus was a number of short duration bright flashes of light... presented at random intervals. The EEG was derived from bipolar electrodes over the left motor area of each subject... EPs were detected and analysed by a new technique of zero crossing analyses."

Die Mittelwertskurven für die Peaks und Latenzen der Tab.1 bei ERTL lassen sich nur ungenügend rekonstruieren, da lediglich die Latenzzeitschwankungen der Peaks E 1-5 mit ihrem Streubereich aufgeführt sind.

Wir rekonstruieren aus seiner Tab. 1:

Intell.	X	high	low	sign.	Diff.H-L
E1	52	52	42		5
E2	89	90	102		12
E3	175	142	205	XX	63
E4	241	223	278	XX	55
E5	362	302	374	X	72
x p	.05				
xx p	.01				
nach Mann Whitney U-Test					

Vergleichen wir diese Mittelwerte mit den dafür infrage kommenden "normativen" Werten von CIGANEK, ⁺

Latenz		Mittelwert	Standardabweichung
Zeitabstand	I	38,12	4,18
zwischen	II	53,42	4,42
dem Reiz	III	73,13	6,36
und dem	IV	94,19	7,13
Gipfel der	V	114,00	7,41
Welle (in msec)	VI	134,55	9,92

Elektrodenposition: $O_z - P_z$

so stoßen wir auf Ungereimtheiten, die sich möglicherweise durch verschiedene Ableitorte erklären ließen.

Der Unterschied bei ERTL zwischen "High- und Low-" Intelligenz betrage nach CIGANEKs Berechnungen gut die 6-fache Standardabweichung.

Vergleichen wir die Streuwerte von CIGANEK mit den Werten der eigenen Untersuchung, so sind seine Streuungen auffallend gering.

Wenn man auf der angegebenen Basis eine Zuordnung von Intelligenten und Minderbegabten vornimmt, ist dies allein vom Stichprobenzufall abhängig.

Zusammenfassend kann man über die ERTLsche Arbeit sagen: Die statistische Auswertung und Darstellung der Daten ist ausgesprochen unbefriedigend. Die Peak-Identifizierung

⁺CIGANEK, L. Die elektroencephal. Lichtreizantwort der menschlichen Hirnrinde, 1961 Bratislava S. 32 Abb. 5

ist äußerst fraglich und eine Reproduzierbarkeit ist durch den Mangel an apparativer Beschreibung und Ableitung nicht gegeben.

In einer weiteren Veröffentlichung mit W.BARRY untersucht ERTL wiederum 3 Gruppen: "Postgraduate Students (N=11), Hospital Group (N=32), Hospital Group Patients with IQ's of 85 or more (N=18)".

In der ersten Gruppe betrug dabei der Korr.Koeff. des IQ's mit der Latenzzeit von nichtgenannten Peaks $-.88$, in der zweiten Gruppe $-.26$, in der dritten Gruppe $-.72$.

Die Gruppe 2 mit der größten Anzahl von Versuchspersonen hat demnach den geringsten Zusammenhang erbracht. Die so häufig erwähnten hohen Korrelationen von $-.88$ und $-.72$ kommen sicherlich durch eine ungenügende Anzahl von Vpn bzw. durch einseitige Selektion zustande.

Wie auch ROTH meint, ist der angegebene hohe Zusammenhang erst gar nicht zu erwarten, wenn man berücksichtigt, welche situativen, kulturellen und milieuhabhängigen Einflüsse in den traditionell gemessenen IQ eingehen.

In einer Reihe pseudowissenschaftlicher Zeitschriften (etwa: Image 44/1971) wurde von größeren Untersuchungen berichtet, in denen ERTL von erstaunlichen Erfolgen und Ergebnisse berichtet.

Der Vollständigkeit halber sollen hier seine Kurven mit den zugehörigen IQ-Werten dargestellt werden.

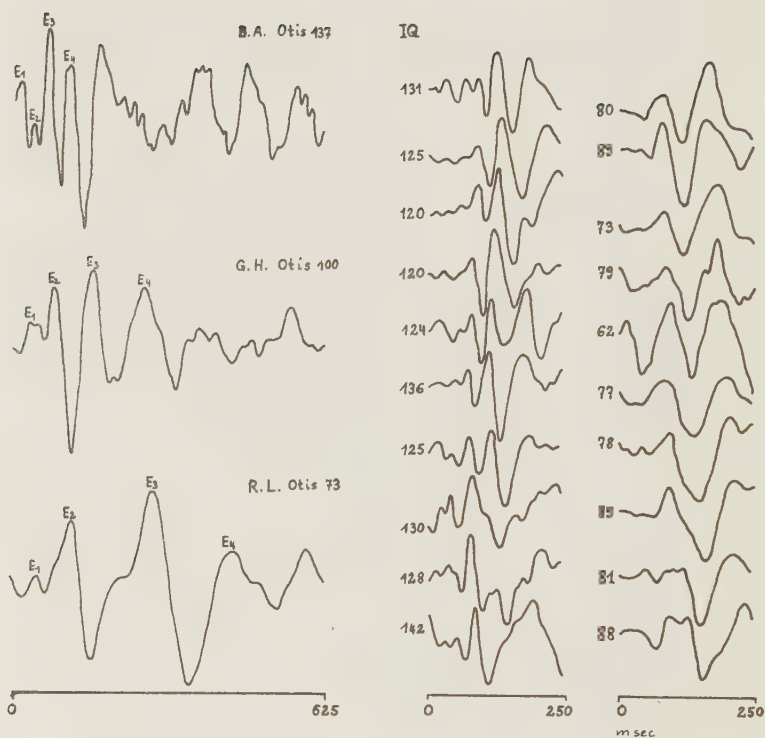


Abb. 23

Zusammenhang zwischen EP-Kurvenform und IQ nach ERTL
 Quellenangabe : Image 44/1971 S.4

ERTLs Peak-Bestimmung scheint wenig abgesichert zu sein. Er benennt und vergleicht die Peaks so, wie sie der Reihe nach in einem beliebigen EP erscheinen. Dabei begeht er -wie z.B. aus Abb. 23 ersichtlich- dann große Fehler, wenn die EPs jeweils verschiedene Frequenzzusammensetzungen enthalten.

Die Intelligenten zeigen in der Abb. 23 schnellere Frequenzen als die IQ-80-Gruppe.

Eine ausführlichere Untersuchung und Nachprüfung der Ergebnisse von ERTL berichten SHUCARD 1970, SHUCARD und HORN 1972 und 1973.

Die Untersuchung von 1970 basierte auf 108 bezahlten Vpn im Alter von 16 bis 68 Jahren. Die durchgeführten Gruppentests werden wie folgt beschrieben:

"The tests were selected to provide for reliable and broadly valid measurement of fluid intelligence (Gf) and crystallized intelligence (Ge) and simpler processes, such as apprehension span (Ms), visual perceptual speediness (P), and visualization (Vz). In addition, entirely new tests were constructed in accordance with the principles described by Furneaux (1952, 1961) to provide for separate speed and level measurements of fluid intelligence in induction (I), conceptual configural relations (CFR), and conceptual semantic relations (CMR).

24 Adaptationsversuche wurden zu Beginn des Experiments dargeboten. Das Reizintervall betrug 1-4 sec und war randomisiert.

Das AEP wurde unter anderem von den Elektrodenpaaren F_4-P_4 und F_3-P_3 abgeleitet, wobei F_4-P_4 der Position von ERTL entsprechen soll.

Außerdem werden die Augenbewegungen zwischen FP_1-PG_2 und PG_2-FP_2 gemessen.

Es gab 3 experimentelle Bedingungen, wobei die Mittelungszahl pro AEP 100 Blitze betrug.

Die 1. Bedingung lautete: (HEA) Die Vp mußte einen Knopf

drücken sobald der Blitz aufleuchtete.

Die 2. Bedingung (MEA) bestand im Zählen der Blitze und folgte 5-10 Min. nach der HEA-Bedingung.

Die 3. Bedingung (IA) war folgende: Die Vp sollte ruhig liegen bleiben und auf den Lichtreiz warten. Dies folgte 5-10 Min. nach den MEA-Bedingungen.

"The EEG and eye-movement recordings provided an index of alertness based upon traditional techniques. The records obtained in each condition were rated by a highly experienced EEG-expert who used a 6-point scale to represent different arousal states. A score of 1 indicated signs associated with drowsiness, a score of 6 indicated signs of extreme alertness, and scores between these extremes indicated intermediate levels of alertness."

Die Amplituden und Latenzen der ersten 5 positiven und negativen Peaks wurden auf Millisekunden und Mikrovolt mit der Hand ausgemessen. Auf Grund der jeweils bestimmten "base-line band" (=Registrierspurschwankung) wurden die AEP-Komponenten als solche identifiziert. Anschließend wurde eine Faktorenanalyse durchgeführt mit dem Variamax-Kriterium und der Promax-Prozedur. 2 Faktoren wurden extrahiert. Ergebnisse: Die Korrelationen waren in der erwarteten Richtung.

Lange AEP-Latenz kam zusammen vor mit geringen Fähigkeiten. Die Spannweite der Korr. lag zwischen .05 und -.32. (5% Signifikanzniveau bei $r=.195$)

"Thus the suggestion is that there is a relationship between the cortical evoked potential and human abilities, but that the linear correlation which represents this is not very large."

Die 3 Versuchsbedingungen unterscheiden sich hinsichtlich der bemerkenswerten Korrelationen zwischen den späten Komponenten. Bei jeweils 60 möglichen Korrelationen waren unter der Bedingung HEA 9 signifikant, unter MEA 11 und unter der Bedingung IA 32. Nach einer ausführlichen Interpretation kamen die Autoren zu folgendem Schluß:

"The results of this study indicate that the relationship between latency of the evoked potential and intellectual

abilities is a replicable phenomenon and that LAEP may mirror long-term central nervous system differences. The general trends of the correlations in all conditions, and particularly in the IA condition, support the findings of other investigators.

The fact that the correlation between abilities and LAEP measures did not approach a magnitude comparable to that found in previous studies until the low arousal (IA) condition was imposed, indicates that the relationship is due, in part, to evoked potentials individual differences which appear most reliably when conditions producing arousal, the LAEP for duller subjects becomes more comparable to that for brighter subjects and the correlation between LAEP and ability drops. A number of interpretations of this finding are possible."

Von einer Auswertung der Amplituden und des EEGs wird in dieser Untersuchung nicht mehr gesprochen. Dies folgt in dem Artikel von 1973, der nach dem gleichen Versuchsaufbau vorgeht wie 1972 aber wenig Neues bietet. Es ergeben sich dabei keine signifikanten Korrelationen der Amplituden hinsichtlich Hemisphärendifferenzen.

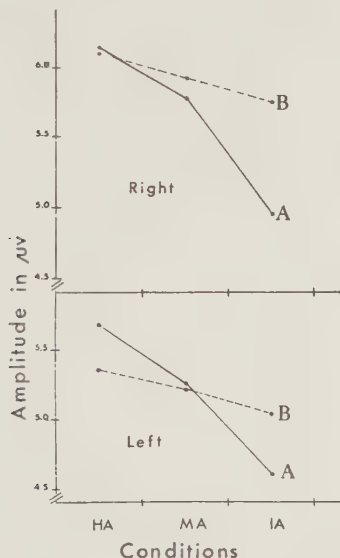


Abb. 24 Mean amplitude for Ss above (A) and below (B) the mean of fluid intelligence scores.

DELTA

-0.7179	-0.7321	-0.7719	-0.7993	-0.7139	-0.7902	-0.7818
39	47	47	46	47	47	47
33	46	46	46	46	46	46
39	47	47	46	47	47	47
33	46	46	46	46	46	46
-0.8503	-0.8630	-0.9127	-0.9630	-0.8277	-0.8049	-0.8280
39	47	47	46	47	47	47
33	46	46	46	46	46	46
-0.5062	-0.3727	-0.4004	-0.3812	-0.4325	-0.3958	-0.4489
39	47	47	46	46	47	47
33	46	46	46	46	46	46
0.0271	-0.0773	0.0167	0.0410	0.1345	-0.0839	0.2191
38	47	46	45	45	47	46
-0.0939	0.2830	0.3667	0.1441	-0.1975	-0.1632	0.2504
39	45	47	46	46	45	44
-0.0505	0.1198	0.1638	-0.0742	-0.2420	0.0039	0.0994
38	47	46	44	47	47	47
0.0864	-0.1439	0.1434	-0.2112	-0.1438	-0.0895	0.3142
39	46	47	46	47	45	47
33	46	46	46	46	46	46
0.1566	-0.0395	0.1642	-0.0680	-0.1190	-0.0590	-0.2155
26	38	24	27	27	22	25
-0.0460	0.0775	0.0540	-0.0115	-0.0492	0.1544	0.1259
39	47	47	46	47	47	47
33	46	46	46	46	46	46
0.4632	2.2544	0.1246	0.4109	0.1899	0.2275	0.1343
25	37	38	34	41	39	40

THETA

0.3583	0.3944	0.3474	0.4474	0.3244	0.3323	0.4360
33	47	47	46	47	47	47
33	46	46	46	46	46	46
-0.0712	-0.2143	-0.0829	-0.1037	-0.1553	-0.0395	-0.1010
33	47	47	46	45	47	47
33	46	46	46	46	46	46
-0.0321	-0.1113	-0.1275	-0.0060	-0.0217	-0.0234	-0.1406
38	47	46	45	45	47	46
0.0025	-0.3445	-0.3773	-0.2414	0.2201	0.0511	-0.2870
33	45	47	46	45	45	44
33	46	46	46	46	46	46
0.1591	-0.1733	-0.2068	0.0091	0.2143	0.0303	-0.0657
33	47	46	44	47	47	47
33	46	46	46	46	46	46
0.0583	0.1154	-0.2946	0.1316	0.1593	0.0885	-0.2946
33	45	47	46	47	45	47
33	46	46	46	46	46	46
0.1233	0.2557	-0.0910	0.0870	0.0116	0.0465	0.2491
25	31	29	27	27	22	25
0.2485	-0.0725	-0.0274	-0.0158	-0.0787	-0.1561	-0.0524
33	47	47	46	47	47	47
33	46	46	46	46	46	46
0.4410	-0.1553	-0.0997	-0.2737	-0.1437	-0.1212	0.0751
25	37	38	34	41	39	40

ALPHA

0.4313	0.3463	0.3539	0.3085	0.3725	0.3163	0.3088
33	47	47	46	46	47	47
33	46	46	46	46	46	46
-0.0593	0.1771	0.0560	-0.0374	-0.1965	0.0334	-0.1865
38	47	46	45	46	47	46
33	46	46	46	46	46	46
0.0068	-0.2285	-0.2821	-0.0592	0.1547	0.1554	-0.2036
33	45	47	46	45	46	44
-0.0323	-0.0374	-0.1099	-0.0231	0.1642	-0.1754	-0.1431
38	47	46	44	47	47	47
33	46	46	46	46	46	46
-0.1799	0.1393	0.0982	0.1617	0.1687	0.0042	-0.2896
39	46	47	46	47	45	47
-0.1997	-0.0180	-0.0935	0.129	0.1391	0.1920	0.1630
26	30	29	27	27	22	25
-0.0573	-0.0363	-0.0207	-0.0231	0.0575	-0.0819	-0.0898
33	47	47	46	47	47	47
33	46	46	46	46	46	46
0.3881	-0.1976	-0.1383	0.303	-0.2115	-0.2663	-0.2701
25	37	38	34	41	39	40

BETA

0.1013	0.1753	0.0767	0.0745	0.0276	0.2176	-0.1569
38	47	46	45	45	47	46
33	46	46	46	46	46	46
0.2867	0.1521	0.0478	0.1243	0.0143	0.1252	0.0424
39	45	47	46	45	46	44
33	46	46	46	46	46	46
-0.0334	0.0116	0.0308	0.1306	0.0391	0.0419	0.0062
38	47	46	44	46	47	47
33	46	46	46	46	46	46
-0.0756	0.0354	0.0310	0.2044	-0.1005	0.1448	-0.0172
39	46	47	46	46	45	47
33	46	46	46	46	46	46
-0.3258	-0.3249	-0.2774	-0.1364	0.1346	0.0367	0.0071
26	30	29	27	26	22	25
-0.2011	-0.0804	-0.0875	0.0774	0.1954	-0.0679	-0.1280
39	47	47	46	46	47	47
33	46	46	46	46	46	46
-0.0357	-0.1073	-0.0873	-0.2571	-0.1043	-0.0444	-0.1011
26	30	29	27	26	22	25

-0.6777	-0.7027	-0.7018
46	46	46
46	46	46
-0.7209	-0.7511	-0.7511
46	46	46
46	46	46
-0.4745	-0.3744	-0.3744
46	46	46
46	46	46
0.0472	0.1844	0.1844
46	46	46
46	46	46
0.1386	0.1004	0.1004
46	46	46
46	46	46
0.0641	0.2800	0.2800
45	46	46
46	46	46
-0.0976	0.2840	0.2840
44	44	44
44	44	44
-0.1435	-0.0422	-0.0422
22	22	22
22	22	22
0.1865	-0.0201	-0.0201
45	46	46
46	46	46
0.2433	0.1037	0.1037
37	34	33

0.3740	0.1064	0.1064
46	46	46
46	46	46
0.0219	-0.2194	-0.2194
46	45	45
46	45	45
0.0480	-0.0277	-0.0277
46	46	46
46	46	46
-0.0412	-0.0561	-0.0561
46	46	46
46	46	46
-0.0364	-0.1368	-0.1368
45	46	46
46	46	46
0.1687	-0.1553	-0.1553
44	44	44
44	44	44
0.0304	-0.0733	-0.0733
22	22	22
22	22	22
-0.1041	0.0646	0.0646
45	46	46
46	46	46
-0.1214	-0.1811	-0.1811
37	38	33

0.4605	0.4312	0.4312
46	45	44
46	45	44
-0.0304	-0.2678	-0.2678
46	46	46
46	46	46
-0.0003	-0.1280	-0.1280
46	46	46
46	46	46
0.0630	-0.2385	-0.2385
45	46	46
46	46	46
0.4779	0.2164	0.2164
22	22	22
22	22	22
-0.1790	-0.0315	-0.0315
45	46	46
46	46	46
-0.1676	-0.1364	-0.1364
37	33	33

Im Gegensatz zu ERTL treten hier bei den späten Komponenten Latenzzeitdifferenzen von 10-20 msec (G-H) und nicht etwa von 60-80 msec auf.

Die Schlußfolgerung der Arbeit lautet:

"The evoked response differentiated bright from dull children in three ways:

1. The bright children had reliably larger amplitudes in the late components of their evoked responses in both central and occipital recordings.
2. Dull children did not demonstrate hemispheric asymmetry in response amplitude as did bright children. The evoked responses of the bright children were consistently of larger amplitude over the right than over the left hemisphere.
3. The late components of VERs of bright children were more similar or homogeneous than those of dull children."

Eine weitere Untersuchung stammt von SUTTON, TUETING, ZUBIN und JOHN (1967), sowie JOHN, HERINGTON und SUTTON (1967) sowie von TUETING, SUTTON und ZUBIN (1970) und MAST und WATSON (1968), von KLINKE, FRUHSTORFER und FINKENZELLER (1968).

Zu beanstanden ist jedoch meistens die zu geringe Vp-Anzahl.

5.2 INTELLIGENZ UND KOGNITIVE FUNKTIONEN

Die Beziehung zwischen VER und Intelligenz wird in einigen Arbeiten referiert. Sie ist weitverbreitet und von wissenschaftlichem Interesse, da neurophysiologische Korrelate der Intelligenz schon lange gesucht wurden. Die Beziehung ist bisweilen auffallend, und im allgemeinen sind die Latenzen der späten VEP-Komponenten bei den Personen kürzer, die höhere Werte bei Standard-IQ-Tests erzielen. Die gefundenen Korrelationszusammenhänge erlauben keine präzisen individuellen Voraussagen, obwohl sie statistisch signifikant sind. Die Beziehung zwischen VER-Latenzen und IQ ist geeignet die Annahme zu stützen, daß die größere Effizienz der Informationsverarbeitung von intelligenteren Personen sich in einer schnelleren Verarbeitungszeit niederschlägt.

Obwohl diese Annahme einleuchtend erscheint, wird sie von den Daten nicht immer gestützt. Es ist eine fragliche Angelegenheit VER-Latenzen zu messen, wenn es sich um unterschiedliche Kurvenformen und Frequenzspektren handelt. Sobald der IQ steigt, ist eine Tendenz der VEPs ersichtlich eine zunehmend komplexere Kurvenform anzunehmen. Für zwei Kurvenformen mit dem gleichen Zeitintervall aber verschiedener Komplexität müssen Latenzen von aufeinanderfolgenden Komponenten kürzer sein als in denen, die weniger Komponenten enthalten.

Das Problem besteht dann darin, vergleichbare Komponenten

identifizieren zu können. Wir glauben nicht, daß Beziehungen zwischen Intelligenz und VER nicht bestehen, aber möglicherweise erbringen Latenzmaße nur einen Teil der Information.

Abb. 26 zeigt das Ergebnis der Arbeit von PLUM (1968), in der die mittleren Latenzzeiten für 3 Peaks bei 3 verschiedenen IQ-Gruppen aufgetragen sind.

Abb.26



Intelligenz und VER. Versuchsbedingungen: xenon strobe was presented approximately full-field to both eyes which were dilated, and each VER was the average of 120 flashes. Stimulus rate was random but averaged one flash every 2 seconds. Data bandwidth was 0.15-50 Hz. Scalp electrodes were over the left parietal, or left motor, area. [After Plum, A.: Visual Evoked Responses: Their Relationship to Intelligence. Unpublished doctoral dissertation, U. of Florida, 1968.]

Über alle bisherigen Untersuchungen zum Thema Intelligenz und ERA läßt sich zusammenfassend sagen:

Die vorliegenden Untersuchungen haben lediglich versucht VER-Komponenten mit Intelligenz zu korrelieren. Der negative Zusammenhang zwischen den Latenzzeiten der VER-Peaks um 200 msec und Intelligenzmaßen ist bei genauerer Untersuchung nur an der 5%-Signifikanzgrenze nachzuweisen.

AEPs wurden in diesem Zusammenhang noch nicht untersucht.

6.1 REAKTIONSZEIT UND INTELLIGENZ

KEIDEL (1963) geht davon aus, daß man den Menschen unter anderem auch als "Informationskanal" ansehen kann. In einer definierten Zeiteinheit kann er nur eine bestimmte Informationsmenge übertragen und verarbeiten.

Unterschiedliche Verarbeitungszeiten könnten daher bei konstantem oder wechselndem Informationsfluß ein Intelligenzparameter sein.

HICK (1952) griff die Reaktionszeitexperimente von MERKEL (1885) auf und zeigte, daß bei gleichwahrscheinlichen Reizalternativen eine lineare Beziehung zwischen RT und dem $\lg$ der alternativen Wahlmöglichkeit besteht.

$$RT = a + b \lg n$$

a = eine individuelle Zeitkonstante

b = Tangens der Steigung der Geraden

n = Anzahl der alternativen Wahlmöglichkeiten

Die von HICK angegebene Beziehung für Wahlreaktionsexperimente konnte mehrfach bestätigt werden. (SCHLESINGER, I. und MELKMAN, R. (1966), ROTH, E. (1964), HYMAN, R. (1953)) Lineare Zusammenhänge finden sich jedoch nicht in allen Fällen. Voraussetzung dafür ist, daß die Informationsmenge unter 8 bit/sec bleibt. Außerdem müssen die Signale immer gleich gut unterscheidbar sein und nicht in ihrer Bedeutsamkeit variieren. Ferner spielen noch Übungseinflüsse, Erwartungen, Einstellungen und Ermüdung eine Rolle.

Eine Anzahl von Untersuchern haben über spontane biologische Rhythmen und deren Verhältnis zur einfachen RT berichtet.

BIRREN et al. (1963) und CALLAWAY und LAYNE (1964) fanden, daß die RT in Abhängigkeit vom Herzzyklus variiert, während DUSTMAN und BECK (1965) berichteten, daß der Alpha-Rhythmus auf die RT einen zwar kleinen, aber definierten Effekt ausübe.

Andere Arbeiten (DONCHIN and LINDSLEY (1966), MORELL and MORELL (1966), WILKINSON (1967)) haben RT-Schwankungen als Schwankungen in der Arousal-Schwelle oder der Aufmerksamkeit gesehen und haben sie mit verschiedenen AER-Kurven in Beziehung gebracht.

BOSTOCK und JARVIS (1970) haben diese Versuche zu einem Experiment zusammengefaßt.

EPs wurden in einer einfachen RT-Situation getrennt nach der Geschwindigkeit der RT gemittelt, ebenso nach dem Herzzyklus in dem der Reiz ankam.

In unregelmäßigen Intervallen wurde den 18 Vpn ein Ton von 84 dB und 400 msec Dauer durch einen Lautsprecher gegeben. Die Vp hatte bei Einsetzen des Tones einen Schalter so schnell als möglich zu drücken. Registriert wurden zwei Kanäle (über saline pad-Elektroden), die im 10-20iger System angebracht waren. Der Verstärker hatte einen Bandpass von 0.8 - 240 Hz. Das EKG wurde vom linken Schienbein und Unterarm abgenommen. Über einen monostabilen Multivibrator wurde über die R-Zacke des EKGs der Computer getriggert. Der Computer war so programmiert, daß er mit vier verschiedenen Delays arbeitete, die über die R-Zacke randomisiert in Abständen von 20, 200, 400 oder 600 msec triggerten. Für jedes einzelne Delay wurden 50 Reize gegeben. Eine Versuchsdurchführung dauerte 40 min. und zur Einübung wurden 16 nicht registrierte Reize gegeben. Das Reizintervall betrug 4 oder 8 sec. Die beiden EEG-Kanäle registrierten in einem Fenster von 500 msec

bei einer Auflösung von 2 msec.

Bei der Auswertung fand sich eine bemerkenswerte Ähnlichkeit innerhalb der AEP-Kurvenformen, wobei Zusammenhänge zwischen Amplituden, Latenzen und der RT zu bestehen schienen.

Der bemerkenswerteste Effekt dieser Untersuchung fand sich in einem engen Zusammenhang zwischen der RT und der N_2 (um 250 msec). Auch WEITZMANN und KREMEN (1965) hatten übereinstimmend gefunden, daß die Amplitude und Latenz der N_2 in zunehmend tieferen Schlafstadien anwächst. Je größer die Latenz der RT wurde, umso mehr nahm die N_2 -Amplitude zu.

Es ist selbstverständlich, daß von einer ausschließlichen Reizdeterminiertheit des menschlichen Verhaltens nicht gesprochen werden kann. Der Mensch ist weniger Informationsüberträger als vielmehr Informationsverarbeiter. (HERRMANN, T. 1966)

Die Korr.Koeff. zwischen RT und Intelligenz (gemessen mit dem I-S-T Amthauer) betragen nach ROTH (1964) und OSWALD (1971) ca. $r = -.40$.

Zur einfachen RT fanden beide Autoren keine Beziehung.

7.1 VERSUCHSAUFBAU, -DURCHFÜHRUNG, UND -SITUATION

Der Versuchsaufbau ist in Abb. 27 dargestellt. Die Vp befindet sich in einer schallgedämpften (ca. -25 dB) und elektrisch abgeschirmten Kammer. Sie liegt auf einer Liege und ist vom Computer aus durch ein Fenster zu beobachten. Es werden ihr drei Elektroden angelegt: zur Ableitung Vertex gegen Mastoid und eine frontale Referenzelektrode.

Es handelt sich um Miniatur-Hautelektroden von Beckman aus Silber-Silberchlorid von 10 mm Durchmesser. Sie werden mit Kleberingen befestigt. Als Kontaktpaste wurde Elektrodengel verwendet. Der Vertex-Ableitort wurde nach Entfernen der Haare mit Isopropylalkohol entfettet und wie auch die anderen Ableitorte mit Kontaktpaste eingerieben. Nach Anschluß der Vp an die Elektroden konnten die Impedanzen sowohl einzeln am Vorverstärker, als auch insgesamt am EEG-Schreiber überprüft werden.

Als EEG-Vorverstärker diente ein PRINCETON-Differentialverstärker des Systems 140 mit einer Gleichtaktsignalunterdrückung von mehr als 100 dB und einer Verstärkung von 1 : 100.

Der Verstärker selbst übersetzt nochmals in einem Verhältnis von 1 : 100 bis 1 : 1000 bei einem Frequenzbereich von 1-30 Hz (-6 dB Punkte bei 12 dB / Oktave Filter). Der Analog-Digital-Wandler hatte eine Auflösung von 11 bit plus Vorzeichen, was ± 2048 y-Stufen entspricht.

VERSUCHSAUFBAU

SCHALLGEDÄMPFTE,
ABGESCHIRMTE
KAMMER

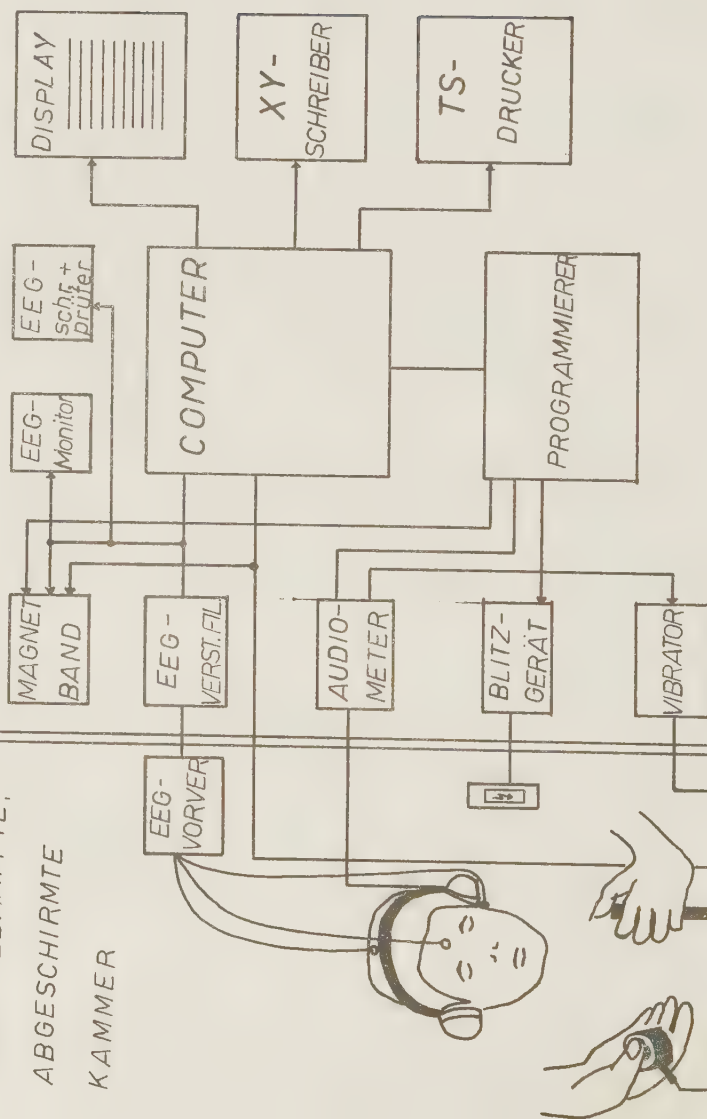


Abb. 27

Die Abtastrate betrug 200 Hz (entspricht 5 msec pro Punkt), sodaß nach dem Nyquist-Theorem eine spektrale Auflösung bis 100 Hz möglich ist. Die EEG-Signale wurden auf einem Kanal eines Vierspur-TANDBERG-Magnetbandes (TIR100) registriert.

Die Aufnahmegeschwindigkeit betrug 9,5 cm/sec bei einem Frequenzbereich von 0-1250 Hz. Synchron dazu wurde auf einen weiteren Kanal der Trigger des Programmierers mit dem sowohl das Audiometer, das Blitzgerät oder der Vibrator gesteuert wurden, aufgezeichnet.

Über den Kopfhörer wurden folgende Intensitäten eines 1000 Hz Sinustones von 300 msec Tondauer gegeben:

10, 30, 50, 70, 90, 110 dB HL.

Dabei betrug die Anstiegssteilheit und Abfallszeit 10 msec (knackfrei).

Die Schallschutzkappen über dem Kopfhörer dämpfen zusätzlich zur Kabine um ca. 30 dB (abhängig von der Frequenz), sodaß eine Gesamtschalldämpfung von 55 dB anzusetzen ist. Der Elektronenblitz war in der Decke eingebaut, sodaß die Vp ihren Blick direkt auf ihn gerichtet hatte. Es wurden 2 Blitzintensitäten geboten: ein schwacher Orientierungsblitz ohne Blendung und ein ausgesprochen intensiver Blitz. (s. Abb. 9)

Die Zeitdauer der Blitze lag im Mikrosekundenbereich. Die somästhetische oder taktile Reizung erfolgte mit einer Frequenz von 250 Hz und konstanter mittlerer Intensität. Als Reizgeber wurde ein elektromagnetischer Vibrator des Siemens-Fonators (akusto-vibratorische Kommunikationshil-

fe) verwendet.

Der Programmierer gab gleichfalls auch den Trigger an den Komputer weiter (PLURIMAT S, INTERTECHNIQUE), der von diesem Zeitpunkt an einen EEG-Abschnitt von 1,28 sec im Kanal 1 registrierte.

Der Kanal 2 nahm die Entladungskurve eines eigens zur RT-Messung abgestimmten Kondensators auf, der sich durch die Betätigung des RT-Knopfes entlud und den die Vp in der Hand hielt.

Die Kondensatorabklingfunktion-betrug $\tau = 10 \text{ msec}$ (siehe Abb. 29).

Nach ca. 70 msec ist der Unterschied zur Nulllinie kaum noch bemerkenswert. Treten daher RTs in Zeitabständen von kleiner als 70 msec zueinander auf, bewirkt die abfallende Flanke beim Mitteln der einzelnen RTs eine Aufsummierung, die als Potenzfunktion des Abstandes der RTs zunimmt.

Das Maximum der Entladungskurve wurde ermittelt und seine Latenzzeit als Zahlenwert in den dafür vorgesehenen Kanal 5 gegeben.

Im Kanal 4 wurde die Kondensatorenentladungskurve - ausgelöst durch die Reaktionszeit - gemittelt. Dadurch konnte ein Modus der RT entsprechender Wert gefunden werden, indem von der gemittelten Kondensatorenentladungskurve die Latenz des Maximums ermittelt wurde. Auf die gleiche Weise wurde auch das EEG aus Kanal 5 bestimmt.

Dieses Verfahren ist dem der Ermittlung des Modus der RT

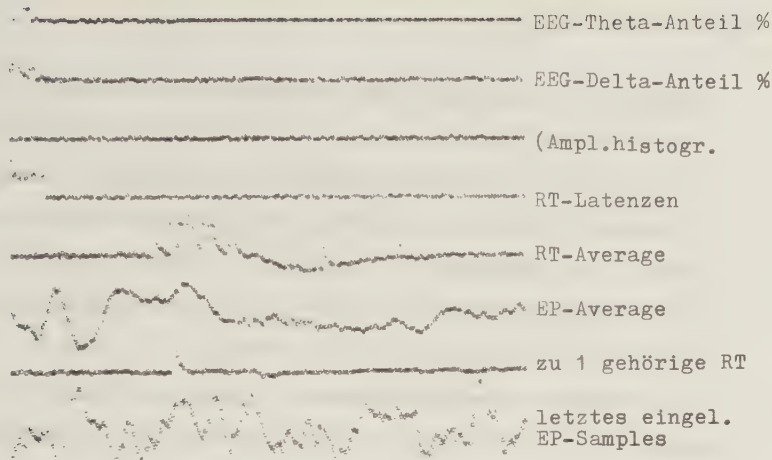


Abb. 28

Display-Organisation bei der Versuchsdurchführung
und Verrechnung in 8 Kanälen



Abb. 29

Die Kondensatorentladungskurve für die RT-Messung
Der Abstand zwischen zwei benachbarten Punkten beträgt 5 msec.

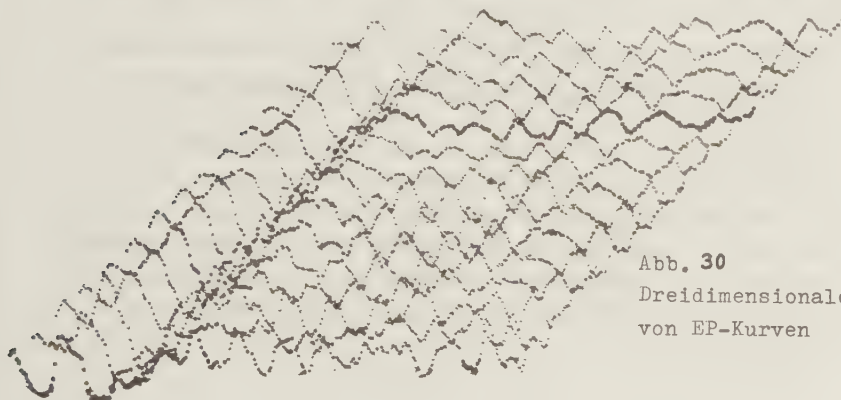


Abb. 30

Dreidimensionaler Plot
von EP-Kurven

über die Kondensatorenentladungskurve entsprechend. Der Unterschied zwischen beiden Verrechnungen besteht darin, daß beim Amplitudenhistogramm diskrete Klassen vorhanden sind mit einer Klassenbreite, die je nach Streubreite und Betrag der RT-Latenzen automatisch gewählt werden. Der Modus ergab sich dadurch, daß sich in einer bestimmten Klasse eine Anzahl von RTs häuften.

Im Computer-Ausschrieb (Anhang S.135, Zeile 7-9) ist ein Amplitudenhistogramm der RTs zu sehen. Über einer Schablone ließ sich daraus der gesuchte Wert des Modus der RT (RT_{HTO}) finden.

Im Anschluß an die je 16 verrechneten Reizintensitäten einer Sinnesmodalität wurde die Verrechnung in der Art von der TEXAS SILENT ausgeschrieben, wie sie sich in dem bereits angeführten Beispiel des Anhangs befindet.

In Zeile 3 und 4 sind die 16 RTs in der Reihenfolge ausgeschrieben, in der sie zustande kamen.

In Zeile 5 steht der Mittelwert der RTs und in Zeile 6 die Standardabweichung der mittleren RT.

In Zeile 10 findet sich der Modus der RT, berechnet über die Kondensatorenentladungskurve der RT.

Der Wert in Zeile 11 entspricht der Latenz von N_1 , der von Zeile 12, der der P_2 .

Der Absolutbetrag der Zeile 13 entspricht dem Wert der Amplitudendifferenz zwischen N_1 und P_2 ausgedrückt in Arbeitseinheiten.

Zeile 14 zeigt schließlich in den ersten 4 Werten die Frequenzzusammensetzung des EEGs in Prozent.

Die Reihenfolge ist dabei: Delta-, Theta-, Alpha-, Beta-Ber. Die restlichen 4 Werte sind Korr.Koeff. zwischen dem Frequenzbereich jeden einzelnen EEGs mit der zugehörigen RT. Die Reihenfolge der Korr.Koeff. ist dabei wiederum von Delta bis Beta.

Wie aus der Darstellung des Versuchsaufbaues weiter hervorgeht, war das EEG während des Versuchs durchgehend auf dem EEG-Monitor zu sehen, um mögliche Artefakte (z.B. extreme EEG-Rhythmen im Theta- oder Alpha-Bereich, oder Bewegungen der Vp) rechtzeitig zu erkennen und notfalls zu unterbrechen bzw. mit der Vp Kontakt aufzunehmen.

Die gesamten Versuche aller Vpn wurden auf Magnetband aufgezeichnet. Auch in den kurzen Pausen zwischen der Reizintensitätsänderung und dem Ausschreiben der Verrechnung wurde ohne Unterbrechung aufgezeichnet.

Die Aufnahmedauer pro Vp beträgt ca. eine halbe Stunde. Die Vpn-Anzahl aus der Werkstatt für Behinderte / Mainz betrug 110. Davon wurden für die endgültige Berechnung 49 Pbn herangezogen.

Die anderen Pbn waren wegen nicht exakt vergleichbarer und unterschiedlicher Hörschwelle nicht berücksichtigt, wegen längerer Krankheit für die psychologische Testung nicht mehr erreichbar, aus der Werkstatt für Behinderte ausgeschieden o.ä.

Zum Vergleich als Kontrollgruppe konnten 19 Pbn herangezogen werden, die sich überwiegend aus Studenten zusammensetzten.

Das Durchschnittsalter beider Untersuchungsgruppen betrug 24 Jahre.

Versuchssituation

Die Versuche wurden in der Klinik für Kommunikationsstörungen der Universitätskliniken Mainz durchgeführt. Wie bereits erwähnt, ist die schallgedämpfte Kammer kein schalltoter Raum.

Über die beiden Belüftungsventilatoren kann bisweilen noch Sprache in die Kammer dringen. Allerdings hat die Vp während der ganzen Untersuchung Kopfhörer mit Schallschutzkappen auf, sodaß die Dämpfung insgesamt ca. 50-60 dB beträgt.

Bei der Darbietung der optischen Reize wurden die Kopfhörer deshalb aufgelassen, um das bei der Blitzentladung entstehende kurze Knackgeräusch nicht als Artefakte in den akustischen Sinnesbereich mit eingehen zu lassen.

Nach Ausschalten des Lichtes (bis auf 2 Positionslampen) ist es in der Kabine relativ dunkel. Nachdem die akustischen Reize gegeben waren, war die Vp an die Lichtverhältnisse adaptiert. Die Kabine wurde in den Pausen zwischen den Reizserien nur in äußerst wenigen Fällen betreten, da über eine Gegensprechanlage der Kontakt zur Vp hergestellt war. Hierüber wurden evtl. nötige Instruktionen bzw. indirekte Motivation und Verstärkungen gegeben. Lediglich kurz vor Ende der Reizserien mußte die Kabine betreten werden, um die Vibrationsdose für die taktilen Reize anzulegen.

Das Anlegen der Elektroden nahm etwa 10 min in Anspruch.

Danach konnte sich die Vp bequem auf eine Liege legen und bekam danach den Knopf für die RT-Messung in die Hand sowie die Kopfhörer aufgesetzt.

Vor und während der Untersuchung mußte die Vp motiviert werden, den Knopf für die RT-Messung so schnell als möglich bei Wahrnehmung des Reizes zu drücken. Die Betätigung des RT-Knopfes wurde bei allen Vpn mit der rechten Hand durchgeführt.

Eine festgelegte Übungsanzahl für die RT wurde nicht eingeführt. Mit der Vp wurde jeweils solange geübt, bis sie das Prinzip verstanden hatte. Außer bei in größerem Umfang behinderten Vpn mußten gewöhnlich über 10 bis 20 Übungsreize gegeben werden. Sowohl am 4-Kanal-Oszilloskop des Magnetbandes, als auch während der Aufnahme, konnte das Verhältnis von Reiztrigger und Reaktionszeittrigger am Computer betrachtet und überwacht werden.

8.1 VERWENDETE PSYCHOLOGISCHE TESTVERFAHREN

Der Goodenough - oder Mann-Zeichen-Test

Der "Draw-a-Man-Test" (DAM) wurde 1926 von Goodenough veröffentlicht. Dieser hatte ihn an 2300 nordamerikanischen Schulkindern zwischen 4 und 10 Jahren standardisiert. Die in der Arbeit verwendete Version stammt von ZILER (1958) und unterscheidet sich in manchen der insgesamt 52 Items vom DAM. Seine Endwerte werden als "Mannzeichenalter" und "-quotient" bezeichnet. Dieser Test erwies sich nicht wie ursprünglich erhofft als sprach- und kulturunabhängig. Je nach kulturspezifischem Darstellungsstil und den Erfahrungen des Pbn im Umgang mit Bleistift und Papier unterscheiden sich die Ergebnisse erheblich. Die Reliabilitätskoeffizienten des DAM liegen meist zwischen .90 bis .96 .

Es fällt auf, daß bezüglich der DAM-Leistungen innerhalb der Entwicklung normaler Kinder, z.B. beim Eintritt in die Schule, Sprünge auftreten.

Nach SPOERL (1940) weisen retardierte Kinder vergleichsweise bessere Leistungen bezüglich der Anzahl, aber schlechtere Leistungen bezüglich der Organisation und Proportion der gezeichneten Details auf.

Weicht das DAM-Ergebnis negativ vom Binet-IQ ab, sieht Goodenough (1950) dies als Hinweis auf emotionale Labilität oder einen hirnorganischen Schaden an.

Es ist noch nicht geklärt, welche Intelligenzfaktoren der DAM in welchem Umfang zu erfassen vermag.

Er korreliert mit dem Untertest AV der Wechslerskalen mit .50, der nach Wechsler die "soziale Intelligenz" und die Kenntnis und intellektuelle Handhabung sozialer Normen repräsentiert.

Der Progressive Matrizen-Test von Raven

Angewandt wurde der unbunte Raven der Erwachsenenform mit den Untertests A-E (von 1938).

In erster Linie verlangt dieser Test die Entwicklung von

Relationen zwischen abstrakten Formen. Er dient als Prüfung der Allgemeinbefähigung und mißt überwiegend Spearman's "g"-Faktor. Mit Hilfe von Faktorenanalysen hat man aber auch andere "Primärfähigkeiten" nachgewiesen, etwa Raumerfassung oder induktives Verstehen.

Die Reliabilitätskoeffizienten des Tests Progressive Matrizen schwanken je nach Altersstufe zwischen .7 und .9. Nach SEIFERT (1960) eignet sich dieser Test solange für klinische Gruppen, als keine hirnorganisch bedingte Leistungsschwäche vorliegt.

Mit zunehmendem Alter scheinen die Korrelationen zu anderen Intelligenztests geringer zu werden (GREEN und EVERT 1947).

Der Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene (HAWIE)

Er stellt die deutsche Bearbeitung und Standardisierung der "Wechsler Bellevue Adult Intelligence Scale" dar. Seine Konstruktion richtete sich nach der Zweifaktoretheorie von Spearman (1904). Der gesamte Test teilt sich in einen Verbal- und einen Handlungsteil zu je 5 Untertests⁺. Der Verbalteil besteht aus folgenden Untertests:

1. Allgemeines Wissen 2. Allgemeines Verständnis
3. Zahlennachsprechen 4. Rechnerisches Denken
5. Gemeinsamkeitenfinden

Der Handlungsteil besteht aus den Untertests:

6. Zahlen-Symbol-Test 7. Bilderordnen 8. Bilderergänzen
9. Mosaik-Test 10. Figurenlegen

Die einzelnen Testaufgaben sind nur relativ grob nach ihrem Schwierigkeitsgrad angeordnet.

Die Standardisierung liegt vor vom 17. bis zum 60. Lebensjahr. Die Normen liefern dabei einen Verbal-, und einen Handlungs- und einen Gesamtintelligenzquotienten. Die Stabilitätskoeffizienten liegen zwischen .90 und .94, der Verbalpunkte zwischen .92 und .95, der Handlungspunkte zwischen .80 und .86. Die Standardfehler betragen für Gesamtpunkte etwa 7 IQ-Punkte, für die Verbal-Punkte etwa 3 und die Handlungs-Punkte etwa 5.

⁺s. D.Wechsler: Die Messung der Intelligenz Erwachsener
Textband zu HAWIE, Huber 1964

Der Streubereich des Gesamt-IQs beträgt sieben Standardabweichungen (von IQ 40 bis 145).

Test d₂

Der Test d₂ ist eine Weiterentwicklung der sog. Durchstreichetests. Seine Testkonstruktion lehnt sich am engsten an R. MEILI⁺ "Durchstreichetest ohne Modell" an. Die Standardisierung liegt vor für eine Altersspanne vom 9. bis zum 60. LJ.

Der Test d₂ informiert über die Menge, die Fehlerhaftigkeit und die Schwankung der Leistung.

Die Gesamtzahl der bearbeiteten Zeichen wird GZ benannt. Die Anzahl der Fehler F wird vom GZ-Wert abgezogen (GZ - F) und ergibt so die Anzahl der richtig durchgesehenen Zeichen. Er soll im Wesentlichen von der Intelligenz unabhängig sein mit nur teilweise und mäßig positiven Korr.

Er mißt die visuelle Aufmerksamkeitsbelastbarkeit und im weiteren Sinne die Konzentrationsfähigkeit.

Er ist als Einzel- und Gruppentest anwendbar.

Von den Pbn verlangt er die rasche und sichere Unterscheidung ähnlicher Einzelheiten.

Sowohl Validität als auch Reliabilität liegen in allen Fällen über .9 .

Benton - Test

Die Normwerte des BT wurden an über 900 Vpn erstellt. Es handelte sich dabei um ambulante Klinik-Patienten, deren Auswahl nach verschiedenen Gesichtspunkten getroffen wurde.

Korrelationen mit normalen Vpn zwischen dem BT und "Standard-Intelligenztests" sollen etwa bei .7 liegen. Die Altersabhängigkeit des Testergebnisses wird wie folgt beschrieben:

Vom 8. Lebensjahr an steigt die Leistungshöhe des Tests progressiv an, um bei 14-15 Jahren ein Plateau zu erreichen.

⁺Lehrbuch der psychologischen Diagnostik, Huber 1961

Vom 40. - 50. Lebensjahr an tritt eine fortschreitende Abnahme der Leistungshöhe ein. Geschlechtsunterschiede gingen bei der Standardisierung nicht mit ein. Aus dem Handbuch des Benton-Tests entnehmen wir folgende Normwerte für Erwachsene (15-44 Jahre).

Anzahl richtiger Wiedergaben		Fehlerzahl	
		Intelligenzhöhe	entsprechender IQ-Wert
10	0	weit überdurchschnittlich	über 109
9	1	überdurchschnittlich	95-109
8	3	durchschnittlich	80-94
7	5	minderbegabt	70-79
6	6	Grenzwert	unter 70
5	7	Schwachsinn	

Die Tabelle 6 im gleichen Handbuch stellt die Untersuchungsergebnisse einer Gruppe von Hirngeschädigten einer Kontrollgruppe gegenüber.

Leistungshöhe Hirngeschädigte Kontrollgruppe			
Punkte über	2	2	4
Erwartungswert	1	4	17
	0	9	34
Punkte unter	1	16	29
Erwartungswert	2	12	12
	3	21	4
	4	12	
	5	13	
	6	7	
	7	3	
	8	1	

Errechnet man den Mittelwert der Hirngeschädigtengruppe, so kommt man zu einem Erwartungswert von 5,7 Punkten

*Benton, A.L.: Der Benton-Test, Handbuch, Bearbeitung von O. Spreen (1972).

(2,3 Punkte unter Erwartungswert), was mit Benton;Tab. 1 übereinstimmt (IQ unter 70) und ebenso mit den eigenen Ergebnissen.

Die Anzahl der richtigen Wiedergaben betrug in unserer Arbeit für die Behinderten im Mittel 4.65 Punkte bei einer Standardabweichung von 3.2 Punkten. Der Gesamt-IQ des HAWIE betrug 64.91 ($S_D=17,7$) und zeigt somit eine gute Übereinstimmung mit der Anzahl der richtigen Wiedergaben in der Normwertetabelle von Benton. Die Fehlerzahl dagegen bei einem $\bar{X}$ von rund 12 ($S_D=6,6$) ließe geringere IQ-Werte erwarten. WAHLER (1954, 1956) verglich eine Gruppe von Hirnverletzten mit einer Kontrollgruppe bezüglich der Fehlerzahl und kam dabei zu folgenden Mittelwerten:

Hirngeschädigte 8.4 im $\bar{X}$

Kontrollgruppe 4.7 im $\bar{X}$

Aus unserer eigenen Arbeit lassen sich Beziehungen zwischen dem Versagen bei der Reproduktion peripherer Figuren und dem EEG entnehmen.

9.1 FRAGESTELLUNG UND HYPOTHESEN

Ausgehend von den in Kap. 5.1. erläuterten Beziehungen zwischen Intelligenz und EP ergaben sich folgende Fragestellungen (F) und Hypothesen (H):

- F (1) Gibt es bestimmte Reizintensitäten, und -modalitäten, bei denen psychologische Parameter besonders gut geschätzt werden können?
- F (2) Kann die Peak-Identifizierung erleichtert werden, wenn statt einer einzelnen Reizintensität eine ganze Reizserie geboten wird?
- F (3) Kann man anhand einer ganzen Reizserie gewonnener EPs bessere Aussagen über zugehörige psychologische Testwerte der Vp treffen?
- F (4) Ist die synchrone Registrierung der RT eine zusätzliche Hilfe zur Peak-Identifizierung?
- F (5) Tritt die RT im Zusammenhang mit einem bestimmten Peak auf? (z.B. Motorpotentiale?)
- F (6) Steht die RT in Beziehung zu den Frequenzbereichen des reizgetriggerten EEGs?

Ferner interessierte, ob sich Zusammenhänge erkennen lassen zwischen: RT und Intelligenztests

RT und Konzentrationstests

N_1 -, P_2 -, N_2 -Latenzzeit sowohl mit der RT als auch der Konzentration und Intelligenztests,

und ob die Frequenzspektren des reizsynchronen EEGs mit diesen Parametern zusammenhängen.

An feststehenden Hypothesen wie sie aus der Literatur hervorgehen, wurden folgende überprüft:

- H 1.0 : Die Peak-Latenzen für N_1 , P_2 und N_2 sind bei Pb mit niedrigerem IQ (den Behinderten) länger als bei der Kontrollgruppe der Studenten (IQ im Normbereich und darüber)

Die Latenzen der EP-Peaks korrelieren negativ

- H 1.1 : mit Intelligenztests
 H 1.11: averbale Intelligenztests korrelieren höher als verbale
 H 1.2 : mit der Reaktionszeit
 H 1.3 : mit Konzentrationstests

Der Delta- und Theta-Rhythmus korreliert negativ

- H 2.1 : mit Intelligenztests
 H 2.2 : mit der Reaktionszeit
 H 2.3 : mit Konzentrationstests

Der Alpha- und Beta-Frequenzbereich des EEGs
 korreliert positiv

- H 3.1 : mit der Intelligenz
 H 3.2 : mit der Reaktionszeit
 H 3.3 : mit der Konzentration

- H 4.1 : Der Alpha-Anteil im VEP ist größer als im AEP

10.1 STATISTISCHE AUSWERTUNG DER UNTERSUCHUNG

Wie der Computer-Ausschrieb im Anhang zeigt, sind die Daten jedes Pbn pro Reizintensität und -modalität bereits während der Versuchsdurchführung oder anschließend vom Magnetband in folgender Hinsicht verrechnet:

Zeile

- 5 Mittelwert der RTs
- 6 Zugehörige Standardabweichung der RT
- 7-9 Modus der RT über Amplitudenhistogramm berechnet
- 10 Modus der RT über Kondensatorentladungskurve berechnet
- 11 N_1 -Latenzzeit
- 12 P_2 -Latenzzeit
- 14 Frequenzbereiche des reizsynchronen EEGs in %:
Delta, Theta, Alpha, Beta
- 14 Korr.koeffs der einzelnen RTs mit den Frequenzbereichen des reizsynchronen prozentualen EEGs.

Anschließend wurde die N_2 ausgemessen.

Diese Daten wurden auf Lochkarten übertragen (s. Tab. 3) und auf einer Folgekarte die psychologischen Testdaten angefügt. Durchgeführt wurden damit Korrelations-, Varianz- und multiple Regressionsanalysen im Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation der Universität Mainz. Eine aufgegliederte Korr.analyse nach Reizmodalitäten und -intensitäten lieferte uns trotz geringerer Signifikanzniveaus der Korr.koeffs. wesentlich größeren Einblick in die Struktur der Datenzusammenhänge als eine pauschale Gesamtverrechnung.

Für die statistische Hilfe danke ich Herrn Dr. Scheidt und Frau Krebs.

Auf diese Weise kann die Durchgängigkeit einzelner Hypothesen überprüft und Unterschiede bezüglich einzelner Wahrnehmungsgebiete festgestellt werden. Da der Korr.koeff. von der linearen Beziehung der beiden untersuchten Datenreihen abhängt, müßte für jeden einzelnen Korr.koeff. ein Linearitätstest durchgeführt werden. Da dieser zusätzliche rechnerische Aufwand den statistischen Rahmen der Arbeit im Augenblick sprengt, wurde einzig die Abhängigkeit überprüft zwischen RT , N_1 , P_2 , und N_2 gegenüber der Lautstärkeintensität in dB. Durchgeführt wurde dieses Verfahren mittels einer Trendanalyse (s. Anhang). Danach betrug der lineare Anteil der RT 74%, während die Peak-Latenzen nur noch einen Anteil von ca. 60% aufweisen. Wie die Linearisierungsfaktoren zeigen, ist überwiegend der Wert von 10 dB für den nichtlinearen Anteil verantwortlich.

Die für die Interpretation entscheidenden Korr.koeff. in den Korr.matrizen des Anhangs wurden mit einem Oval versehen. Die nicht interpretierten und trotzdem mit einem oval versehenen Korr.koeffs. sind zwar signifikant von 0 verschieden, können aber trotzdem - im Zusammenhang interpretiert - Nullkorr. darstellen.

Interpretierte, nicht signifikante Korr.koeff. wurden unterstrichen.

Leider gibt es bisher kaum brauchbare Methoden, um mehrere Datenkanäle (z.B. EPs) miteinander sinnvoll zu verrechnen. Die bei der Verrechnung anwendbare Auto- und

Cosskorr. führt nur selten zu der gesuchten Art der Ergebnisse, da zu viele eigene Rhythmen in den Kurvenverläufen vorhanden sind. Es bleibt deshalb bei der Methode der Einzelidentifizierung der Peaks aus den Kurvenverläufen, um an einzelnen Peak-Latenzen oder -amplituden die gängigen statistischen Methoden anzuwenden.

Eines der Hauptprobleme bei der Arbeit mit EPs besteht in einer gesicherten Peakidentifizierung. Die Aussagewerte dieser gewonnenen "objektiven" Daten hängen von der Methode der Peakbestimmung ab. Ein Nachteil der bisherigen Methode der Peaksuche bestand in der Vorgabe von Zeitbereichen, innerhalb derer das Amplitudenmaximum bestimmt wurden. Wie auch aus den Arbeiten anderer Autoren hervorgeht, überlappen sich die Auftretensbereiche derart, daß eine nachträgliche visuelle Überprüfung notwendig ist. Die hier zusätzlich verwendete Absicherung der Peak-Latenzen durch den Vergleich mit anderen Reizintensitäten und -modalitäten (vergleiche Anhang S.131) stellte wohl die bisher optimalste Lösung dar. Ein neuartiges, vollautomatisches Peaksuchprogramm von H. Leitner verspricht zur Zeit die Lösung des Problems.*

*Als Publikation noch in Vorbereitung.

11.1 AUSWERTUNG UND INTERPRETATION DER ERGEBNISSE

Die Mittelwerte der EP-Peak-Latenzen sind in Abb. 31 dargestellt. Die Peak-Latenzen der Behinderten unterscheiden sich danach nicht wesentlich von denen im Normbereich und darüber liegenden Vpn (Studenten) bezogen auf die N_1 .

Im Sinne der ERTLschen Hypothese sind die Unterschiede der beiden untersuchten Gruppen bei der P_2 doppelt so groß wie bei der N_1 . Hinsichtlich der N_2 -Latenz liegen aber bei den Studenten entschieden größere Werte vor.

Weiter ist in Abb. 31 die RT für beide untersuchte Gruppen eingezeichnet. Die RT der Studenten deckt sich mit dem Verlauf ihrer P_2 -Latenz-Kurve, die der Behinderten mit ihrer N_2 -Latenz-Kurve.

Die zugehörigen Daten finden sich in Tab. 3 des Anhangs, in der für die durchgeführten Reizmodalitäten und -Intensitäten die Mittelwerte und Standardabweichungen für die RT, deren Modus und Standardabweichung, der Peak-Latenzen von N_1 bis N_2 , der Amplitude N_1 - P_2 und der EEG-Frequenzbereiche eingetragen sind. Aus dem EEG-Frequenzspektrum kann lediglich entnommen werden, daß im akustischen Bereich bei zunehmender Reizintensität Theta % zunimmt, da die EP-Antwort sich in diesem Frequenzbereich äußert. Dafür nehmen Delta %, Alpha % und Beta % nach den höheren Reizintensitäten hin ab.

In Abb. 31 sind ferner noch die Latenzangaben für N_1 und N_2 nach KEIDEL 1975 (S.321) eingezeichnet. Dabei ist eine größere Diskrepanz ersichtlich, denn im Vergleich zu den

Abb. 31

Mittelwerte der EP-Peak-Latenzen im
akustischen Bereich bei unterschiedli-
chen Intensitäten für

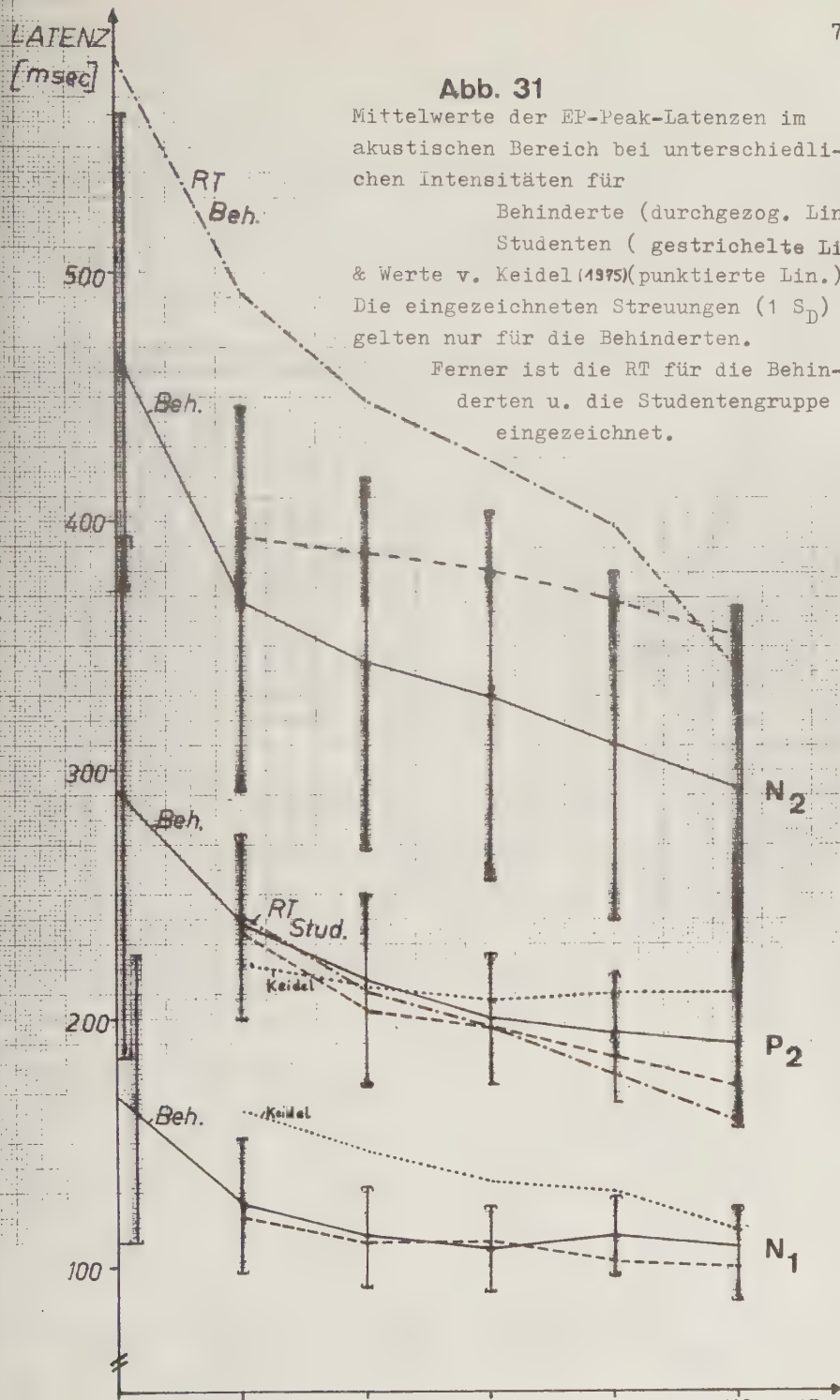
Behinderte (durchgezog. Lin.)

Studenten (gestrichelte Lin.)

& Werte v. Keidel (1975) (punktierte Lin.)

Die eingezeichneten Streuungen ($1 S_D$)
gelten nur für die Behinderten.

Ferner ist die RT für die Behin-
derten u. die Studentengruppe
eingezeichnet.



rel.
La-
tenz

ART

4 MOD

W2

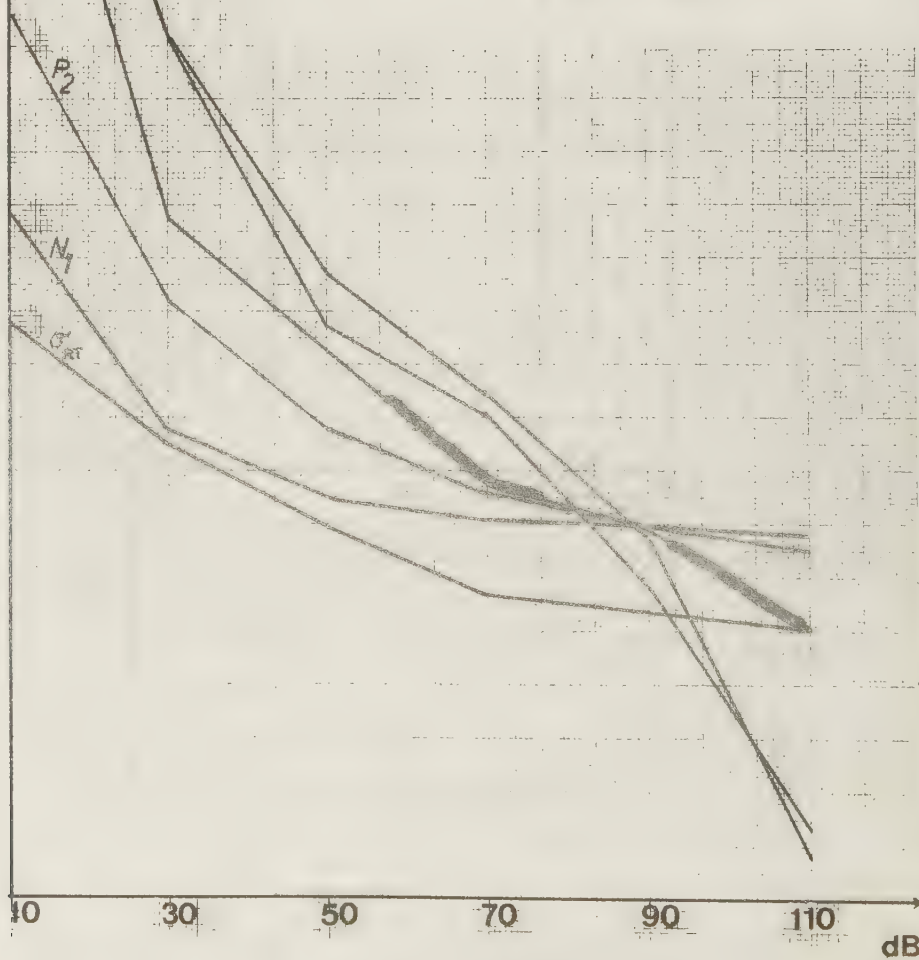
19

M

62

Abb. 32

Darstellung der Mittelwerts-Kurvenverläufe
für N_1 , P_2 , N_2 , RT , MOD , σ_{RT}



ausführlichen Untersuchungsergebnissen von STÜRZEBECKER (Abb. 19 und 20) hat KEIDEL durchgehend zu lange Latenzzeiten gemessen. Die eigenen Mittelwerte stimmen mit denen von STÜRZEBECKER sehr gut überein.

Abb. 32 zeigt einen Vergleich des relativierten Kurvenverlaufs innerhalb des akustischen Bereichs für die Peak-Latenzen und RT bei verschobenem Null-Punkt der Latenzen. Danach stimmt die RT in ihrem gesamten Verlauf am besten mit der N_2 der Behinderten überein.

Da die eigentlichen Ergebnisse der Arbeit zu umfangreich sind (Korr.-Matrizen im Anhang), um detailliert interpretiert werden zu können, ist in der Tab. 2 der nächsten Seite die Beantwortung der Ergebnisse nach der Hypothesenstellung und den Fragekomplexen (Kap. 9.1.) tabellarisch zusammengefaßt.

Zu H 1.0 : Die N_1 -Latenzzeit der Behinderten ist gegenüber der der Studentengruppe um $\bar{X} = 5.4$ msec verzögert, die P_2 um 10.2 msec, die N_2 ist aber um $\bar{X} = 48.4$ msec kürzer. Dieses Ergebnis ist nicht mit der ERTLschen Hypothes in Einklang zu bringen, wonach gerade das späte Peak der N_2 eine wesentlich kürzere Latenzzeit besitzen müßte.

Zu H 1.1 : Bei einem Verhältnis von 8:3 kann man annehmen, daß die EP-Peaks negativ mit der Intelligenz korrelieren. Nicht interpretiert bleibt die positive Korr. der N_2 mit dem Benton-Test.

Zu H 1.11: Zieht man zum Vergleich statt der maximalen Korr.koeffs aus den Korr.-Matrizen im Anhang

den mittleren Korrr.koeff. heran, findet man durchgängig höhere Werte bei averbalen Intelligenztests.

Zu H 1.2 : Die Reaktionszeit korreliert mit allen drei gemessenen Peaks positiv.

Zu H 1.3 : Für die N_1 - und P_2 -Latenz - und dort beschränkt auf die akustische Wahrnehmung - trifft die Annahme der negativen Korrr. zu den Konzentrationstests nicht zu. Sie korrelieren durchgängig positiv. Ganz im Sinne der Hypothese verhält sich die N_2 -Latenz und für die P_2 der optische Bereich.

Zu H 2.1 : Der Delta-Rhythmus korreliert negativ mit Intelligenztestergebnissen. Beim Theta-Rhythmus kann keine eindeutige Beziehung gefunden werden.

Zu H 2.2 : Zwischen dem Delta- und dem Theta-Rhythmus findet sich gegenüber der RT nur eine Nullkorrr.

Zu H 2.3 : Zu dem Konzentrationstest KP zeigt der Delta- und Theta-Rhythmus reine Nullkorrr., zum Test d_2 finden sich aber negative Korrr. . Im Theta-Rhythmus sind sie allerdings positiv.

Zu H 3.1 : Der Alpha-Rhythmus zeigt eine eindeutige positive Korrr. zur Intelligenz. Beim Beta-Rhythmus kann von eindeutigen positiven Korrr. nur in Bezug auf den Raven gesprochen werden.

Zu H 3.2 : Die Beziehung zur RT ist wider Erwarten negativ.

Zu H 3.3 : Die Richtung der Korrr. zwischen Alpha- und Beta-Rhythmen zu den Aufmerksamkeitstests ist überwiegend positiv.

Zu H 4.1 : Der Alpha-Anteil des AEPs beträgt 13,02 % (für 10-110 dB) und für Blitz 1 15,59 %.

TAB. 2

	1	2	3
1.1.1	+	-	-
1.1.2	-	-	-
1.1.3	+	-	-
1.1.4	-	-	-

1.1.

1.1.1	-0.01	-	-0.01
1.1.2	-0.01	-	-0.01
1.1.3	+0.01	+	+0.01

1.1.11

1.1.1	0 + 0.01	0 + 0.01	-0.01
1.1.2	0 + 0.01	0 + 0.01	-0.01

1.1.3.

1.1.1	0 + 0.01	0 + 0.01	+0.01
-------	----------	----------	-------

1.2.

	1	2	3	4
1.1.1	+	-	+	+
1.1.2	-	-	-	+
1.1.3	-	-	-	-
1.1.4	-	-	-	-

1.2.1.

..

1.1.1	+	-	+	+
-------	---	---	---	---

1.2.2.

1.2.2.

1.1.1	+	-	+	+
1.1.2	-	+	+	+

1.2.3.

1.2.3.

Tab. 2 (Fortsetzung)

	Test d ₂			KP			Laven		
	R Vorz	R max.	Intens. Modal.	R Vorz	R max.	Int. Modal.	R Vorz	R max.	Int. Modal.
RT	-	.86	10	-	.49	B10	-	.48	10
S _d RT	-	.58	B1 ₀	-	.39	70	-	.32	B11
N ₁	+	.76	50	+	.47	10	-	.33	110
P ₂	a+ o-	.63 .47	70 B11	+	.44	10	?	/	/
N ₂	-	.79	10	-	.60	B10	-	.54	110
Ampl.	+	.66	Takt.	?	/	/	0	/	/
Delta	-	.68	B11,110	/	/	/	0	/	/
Theta	a+ o-	.48 .49	110 B11	/	/	/	+	.36	30
Alpha	+	.82	B11	/	/	/	0	/	/
Beta	a+ o-	.51 .36	10 110 B10B11	a+	.26	110	+	.48	110

	HAWIE			Lohnliste			HAWIE		
RT	-	.36	30	-	.56	10	-	.33	110
S _d RT	-	.35	B11	-	.25 .28	10 70	-	.38	90
N ₁	+	.44	110	+	.23 .25	10 70	+	.36	30
P ₂	+	.27	10 110	0	.16	30	a- o+	.28 .30	
N ₂	-	.52	110	- +	.42 .25	10 110	-	.47	110
Ampl.	0	/	/	0	/	/	+	.37	50
Delta	-	.33	90	-	.25	110	-	.21	
Theta	0	/	/	0	/	/	+	.33	70
Alpha	+	.50	B11	+	.21	110	+	.18	90
Beta	0	/	/	+	.33	50	a- a+	.21 .26	10 110

Bei einem t-Wert von 1.82 für 49 Vpn ist der Unterschied auf dem 5 - 10 %-Niveau signifikant.

Die Angaben von PERRY & CHILDERS 1969 können somit auf dem angegebenen Signifikanzniveau bestätigt werden.

In der Fortsetzung von Tab. 2 sind die Beziehungen der Konzentrations- und Intelligenztests, aufgegliedert nach der Richtung der Korr. (R Vorz), nach der maximalen Ausprägung des Korr.koeffs. (R max) und dessen Modalität und Intensität, festgehalten.

Danach zeigt der Test d_2 seine höchsten Korr.koeffs. zur RT (-), zur N_1 (+), N_2 (-) und Alpha (+).

Dies gilt auch für den Test KP, nur sind die Koeffizienten geringer und der Bezug zu EEG-Frequenzbereichen fehlt.

Die Intelligenztests weisen geringere negative Korr.

(ca -.35) zur RT auf. Die N_2 korreliert immer in der Größenordnung von -.5.

Wie sich in der Korrelationsanalyse herausstellte, traten bei den akustischen Intensitäten 10 und 110 dB besonders häufig hohe und bisweilen entgegengesetzte Korrelationen auf. Wie auch ursprünglich vermutet, verlangen diese Reizintensitäten unterschiedliche Fähigkeiten vom Pb.

Eine Reizintensität von 10 dB setzt in erster Linie eine große Aufmerksamkeitsleistung des Pb voraus, die eher mit der Anweisung kollidiert, daß der Pb schnell genug den Knopf drücken soll. Bei 110 dB sind die Bedingungen zum Drücken des RT-Knopfes wesentlich einfacher, da durch diese maximale Lautstärke der Organismus in Alarm gesetzt wird und damit reflexartiger reagiert. Folglich kann man annehmen, daß z.B. die N_2 , deren Amplitude in der Audio-

metrie ein Kennzeichen für den Wachheitsgrad sein soll ("Schlafzacke"), in Bezug auf diese beiden Intensitäten unabhängige oder gar entgegengesetzte Korr. aufweisen, wenn man etwa den Aufmerksamkeitsbelastungstest d_2 heranzieht. Bei 10 dB betragen die Korr. zwischen $-.49$ bis $-.79$ ($\bar{X} = -.646$) und bei 110 dB beträgt $R = .36$ bis $-.20$ ($\bar{X} = .07$). Dieser Sachverhalt findet sich verständlicher Weise auch bei der Amplitude $N_1 - P_2$ des gleichen Tests.

Da psychologische Testverfahren unter anderem in besonderem Maße als Prädiktoren eingesetzt werden müssen, haben wir die verwendeten Tests auch mit der Lohnliste der Beschützenden Werkstätte Mainz verglichen. Keine Nullkorr. finden sich lediglich beim Test d_2 (.43 bis .68), bei den Standard Matrizen B und C (.32 und .44) und dem HAWIE VT (-.48).

In dieser Hinsicht kann man durch die EP-Peak-Latenzen die praktische Bewährung mit einem multiplen Korr.koeff. von .41 abschätzen. Dieser Ansatz scheint vielversprechend. Als Schätzgrößen eignen sich vor allem die meist entgegengesetzt korrelierenden Werte der N_1 - und N_2 -Latenz.

Beziehungen der RT zu psychologischen Tests

Die negativen Korr. von .32 zum MZT und von etwa -.3 zum IQ entsprechen den Erwartungen, daß bei einer Zunahme der RT der IQ abnimmt. Darüberhinaus eignet sich die RT zur Bestimmung des Aufmerksamkeitsgrades. Insbesondere bei 10 dB treten Korr. bis zu -.86 auf, aber auch bei Blitz 1 sind die Korr. mit -.52 noch relativ hoch. Mit dem Test KP sind die Beziehungen zum optischen und taktischen Bereich (-.49) besser als die zum akustischen. Unserer Hypothese über die bevorzugten Reizintensitäten 10 und 110 dB entspricht auch die Beobachtung, daß bei 10 dB eine Korr. von -.56 mit der Lohnliste entsteht. (Je länger die RT umso geringer wird die Arbeitskraft des Pb eingeschätzt.) Die RT korr. mit ihrer Streuung um .6 und zeigt wiederum nur bei 10 dB Beziehungen zum Alpha- und Beta-Rhythmus (-.22 - -.31). Ferner zeigt die RT die an anderer Stelle diskutierte Beziehung zur N_2 .

Weitere Zusammenhänge der RT mit Testwerten ergeben sich aus folgender Berechnung:

Betrachtet man in den Originalausschriften des Computers (s. Anhang Zeile 3 und 4) die Reihenfolge der einzelnen RTs für die verschiedenen Reizintensitäten, erkennt man, daß mit zunehmender Darbietungsanzahl sich die RTs verkürzen. Es liegt auf der Hand, von den ersten 8 RTs (10 zufällig ausgewählte Pbn aus der BMW) sowohl den Korr.koeff. als auch die Regression mit der Reizfolge zu errechnen. Dabei ergab sich ein mittlerer Korr.koeff. von -.35. Dieser

Wert bestätigt uns lediglich, daß, wie angenommen, die RTs im gemessenen Zeitbereich bei Zunahme der Darbietungen kürzer werden. In Abb. 33 sind die mittleren Regressionsgeraden dieser 10 Pbn für die jeweiligen Reizintensitäten aufgetragen. Aus dieser Darstellung ist ersichtlich, daß der Grad der Verbesserung der RT annähernd für alle Reizintensitäten gleich ist. Außerdem ist die Folge der Reizdarbietung mi eingegangen. (Wie im Versuchsauf au beschrieben: 70, 50, 30, (10), 70, 90, 110,dB)

Die 70-dB Gerade hat einen größeren X-Abschnitt (517 msec) als die 70-dB-reproduziert-Gerade. (432 msec).

Da letztere eine Wiederholung ist, zeigt sie nur einen geringen Abfall bei den ersten 8 RTs.

Offensichtlich konnte kein weiterer Übungseffekt erzielt werden. Die 70-dB-Gerade hat wahrscheinlich deshalb eine derart große Steigung, weil die ersten RTs die ersten RTs die größten Latenzen überhaupt haben.

70 dB	$-.22.36X + 517$
50 dB	$-.10.32X + 472$
30 dB	$-.19.93X + 555$
70 dB repr.	$.34X + 432$
90 dB	$-.20.75X + 446$
110 dB	$-.23.89X + 424$

Die Abb. 33 veranschaulichte die mittleren Regressionsgeraden über 10 Pbn. Errechnet man dagegen die mittlere Regressionsgerade über sämtliche Reizintensitäten eines Pb und korreliert dann über die 10 Pbn, indem man in die Regressionsgleichungen den Wert 5 (5.RT) einsetzt, ergeben sich folgenden Korrr.koeffs.:

Bei einem IQ von 50 erhöht sich die RT auf 500 msec
 und bei einem IQ von 130 müßte sie 130 msec betragen.
 (Auch der letzte Wert konnte bestätigt werden).

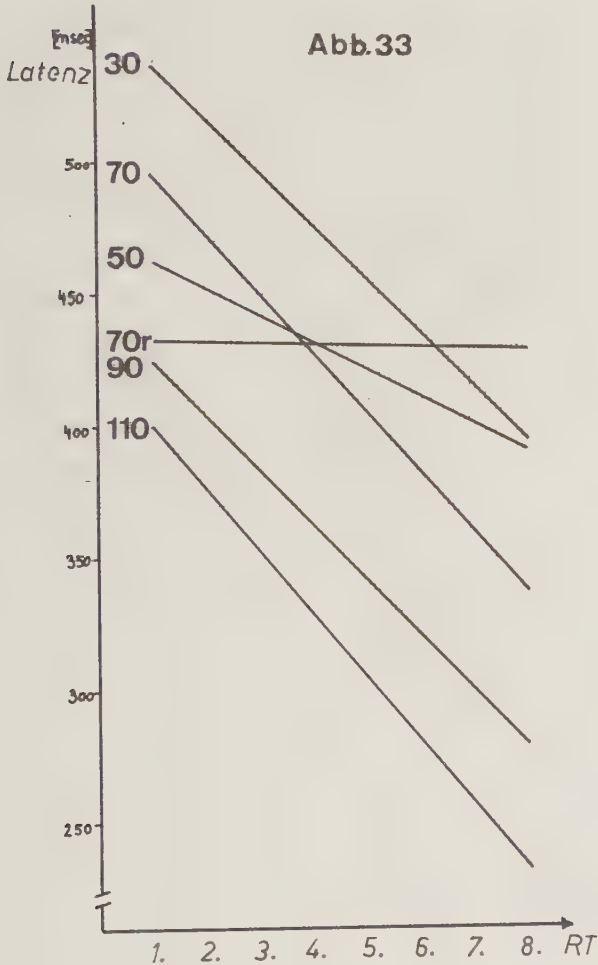
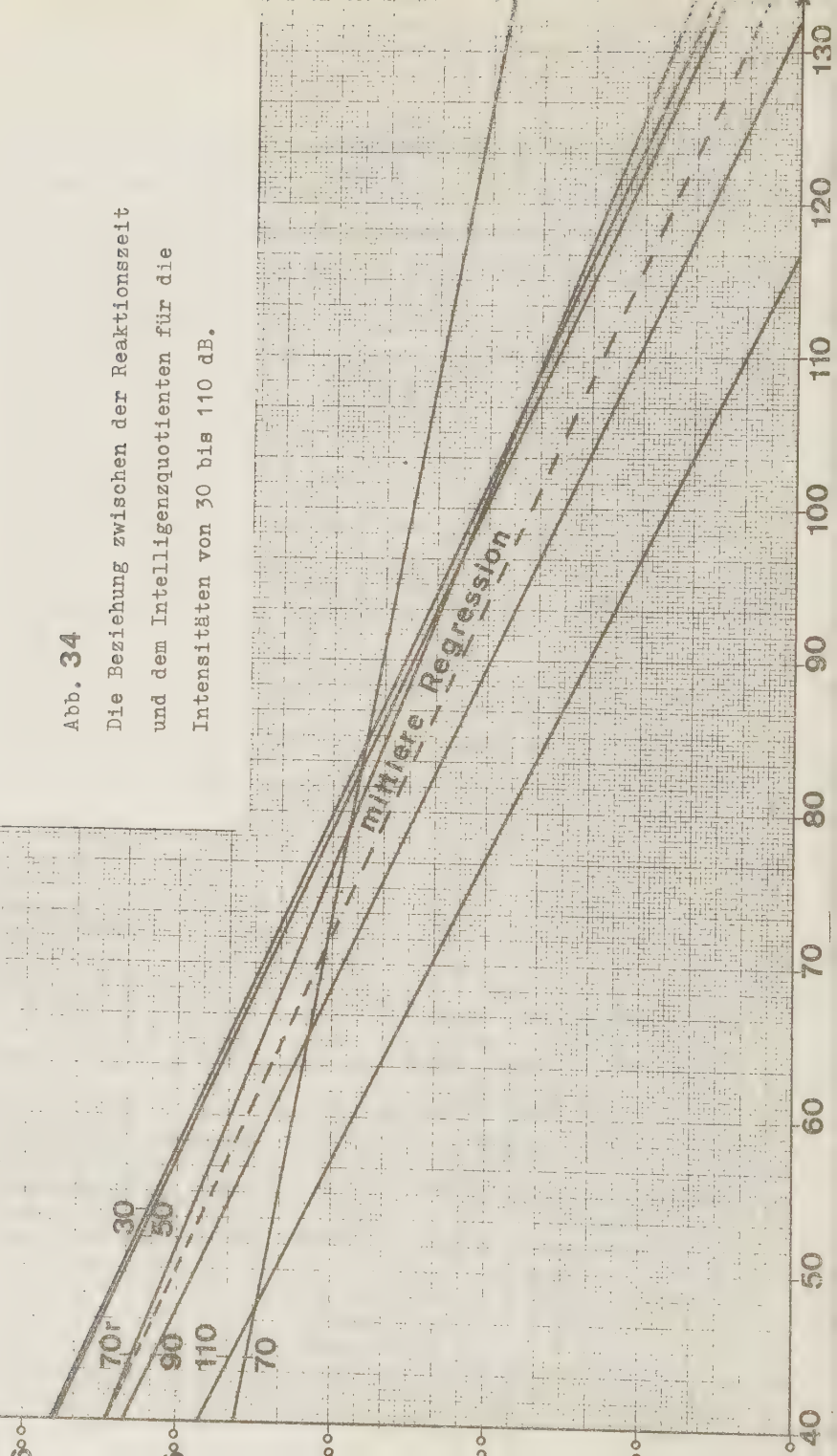


Abb. 34

Die Beziehung zwischen der Reaktionszeit
und dem Intelligenzquotienten für die
Intensitäten von 30 bis 110 dB.



IQ	.171
Raven A	.142
" Ges.	.300
d ₂ (Gz-F)	-.565
d ₂ rest	-. 42 - -.51
Lohnliste	-.763

Da die Beziehung zwischen der RT und dem IQ besonders interessiert, ist in Abb. 34 deren Beziehung für die Intensitäten 30-110 dB als Regressionsgerade aufgetragen. Ebenso wie in Abb. 33 fällt deren Übereinstimmung im Steigungswinkel ins Auge. Wahrscheinlich handelt es sich unter anderem um einen Effekt, der durch die relativ homogene Untersuchungsgruppe zustande gekommen ist. Die mittlere Regressionsgerade ($RT = -4.547 \times IQ + 727$) ist für den größten Teil der Pbn repräsentativ. Diese Beziehung scheint über den gesamten IQ-Bereich der Studenten weiterhin gut übereinstimmende Werte liefert. Diese mittlere Regressionsgerade besagt, daß bei einem IQ von 100 eine mittlere RT (gemittelt zwischen 30 und 110 dB) von 270 msec zu erwarten ist.

INTERPRETATION UND ERGEBNISSE ZUM BENTON-TEST

Da der Benton-Test eine besondere Stellung innerhalb der Ergebnisse einnimmt, wird er vollständig über alle Korrr.-Matrizen (im Anhang) interpretiert.

Mit der RT zeigt der Benton-Test keine nachweisbaren Beziehungen (Korr. Matrix 1), und auch mit ihrer Streuung (Korr. Matrix 2) finden sich kaum signifikante Werte.

Bezüglich der "richtigen Reproduktionen" zeigen die N_1 - und P_2 -Latenzen keine signifikant von Null verschiedenen Korrr. Ein eindeutiger Zusammenhang dagegen ergibt sich bei den Auslassungen für die N_1 (akustisch und taktil - nicht optisch) und P_2 (akustisch 10-50 dB und taktil). Bemerkenswert ist dabei der Umschlag der Korrr. vom Negativen im Akustischen ins Positive beim Optischen und Taktilen.

Die Entstellungen ergeben mit der N_1 im Optischen eine auffallende Korrr., deren Ausprägung sich in nicht so starkem Maß bei der P_2 - und N_2 -Latenz findet. Die N_2 -Latenz dagegen korreliert im akustischen Bereich mit der Anzahl der richtigen Reproduktionen.

Mit dem EEG steht der Benton-Test in folgendem Zusammenhang: Die Fehlerzahl steht in positivem Zusammenhang mit dem Beta-Rhythmus, während zu den übrigen Frequenzbereichen keine nachweisbaren Beziehungen bestehen.

Die Auslassungen zeigen wiederum hohe Korrr. bei Blitz 1, im Delta ($R=.73$), Theta ($R=-.45$) und im Alpha ($R=-.68$). Im Beta-Rhythmus dagegen findet sich bei Blitz 1 eine

Nullkorr. und bei Blitz 0 sowie im akustischen Bereich korr. bis -.63.

Die Entstellungen korrelieren besonders auffällig wiederum im Beta-Bereich (Blitz 0=.64, Blitz 1=.70, taktil=.60 und akustisch bei 50 dB mit .61).

Bei 50 dB findet sich auch eine signifikante Korr., im Alpha von .52 (10 dB und 30 dB je ca .32) und im Delta von -.37. Auch die Korr., von Blitz 0, Blitz 1 und Taktil sind negativ.

Im Handbuch zum Benton-Test (a.a.O.S.67) finden wir folgende Bemerkungen, die einen Beitrag zur Interpretation der Ergebnisse leisten:

"Das Versagen bei der Reproduktion der peripheren Figur ist mit einer allgemeinen Einengung des dynamischen Gesichtsfeldes in Zusammenhang gebracht worden, die bei vielen hirngeschädigten Patienten, insbesondere solchen mit parieto-occipitalen Verletzungen gefunden wird."

Über Drehen und Größenfehler finden wir (a.a.O.S.68):

"Der Auffassungsmangel für die relative Größe von Figuren, ..., ist in der Neuropsychologie kein neues Phänomen. Dieses Versagen ist oft bei Patienten mit Hirnverletzungen beobachtet worden, und es gibt zahllose Hinweise darauf in der Literatur der klinischen Neurologie. Sein Auftreten bei der Durchführung von Aufgaben für das visuelle Gedächtnis ist daher nicht überraschend."

Die restlichen Korr. des Benton-Testes zu anderen psychologischen Testverfahren sind aus der I-Matrix 1 im Anhang zu entnehmen. Dort kann die Behauptung von Benton nachgeprüft werden, daß der Benton-Test mit anderen Standard-Intelligenztests um 0.7 korreliert.

Bezüglich der Anzahl richtiger Reproduktionen korreliert er nicht mit dem MZT, jedoch mit dem Raven um .5, .1, .4, .6, .4, mit der Lohnliste um .5, nicht aber mit dem HAWIE.

Die Fehlerzahl des Benton zeigt relativ hohe negative Korrr. mit dem MZT ($-.52$ bis $-.62$), mit dem Raven Subtest A ($-.77$) und mit dem Raven D und dem Gesamtergebnis ($-.50$ bzw. $-.59$).

Zu dem Verbal- und Handlungsteil des HAWIE finden sich signifikante Korrr. von $-.57$ und $-.47$, nicht aber zum Gesamtergebnis des HAWIE.

Weniger enge Beziehungen finden sich bei den Auslassungen. Die Entstellungen korrelieren am höchsten mit Raven A ($R=-.72$), Raven B ($R=-.53$) und Raven Gesamt ($R=-.61$) und mit dem Gesamtergebnis des HAWIE ($R=-.47$).

Wie zu erwarten, zeigt der Benton zum Test d_2 bei den "richtigen Reproduktionen" (bis $-.65$) und den Entstellungen" (bis $-.60$) die höchsten Korrr. . Keine Beziehung findet sich zum Test KP. Die "richtigen Reproduktionen" stehen in Zusammenhang von $.45$ mit der Lohnliste.

Vergleich zwischen prozentualen EEG- und seinem reizgetriggerten Frequenzspektrum

Die prozentualen EEG-Frequenzspektren einer beliebig ausgewählten Person wurden verglichen mit den prozentualen Frequenzspektren ihrer reizgetriggerten EEG-Frequenzspektren (rEEG), aus dem sich die EPs zusammensetzten. Da unser Reizintervall 5 sec betrug und die Analysationszeit des Computers jeweils 1.28 sec betrug, war es möglich mit einem Posttrigger von 3 sec die Magnetbänder vergleichend noch einmal einzugeben.

Vergl. zw. EEG- u. reizgetriggertem EEG-Frequenzspektr. in %

	DELTA	THETA	ALPHA	BETA
rEEG	57.78	16.00	15.89	10.22
S _D rEEG	12.93	6.56	5.73	2.64
EEG	60.05	13.62	15.21	10.66
S _D EEG	10.16	4.19	5.06	2.42
Diff. rEEG-EEG	2.27	2.38	.68	.46
% v. rEEG	3.93	14.88	4.28	4.45

Hieraus läßt sich vermuten, daß kein wesentlicher Unterschied zwischen dem prozentualen EEG-Frequenzspektrum und dem prozentualen rEEG-Spektrum vorhanden ist. Aus der letzten Zeile der Tabelle läßt sich entnehmen, daß lediglich im Theta-Bereich eine Verschiebung stattgefunden hat, die aber genau der Antwortfrequenz entspricht.

12.1 DISKUSSION

Der in dieser Arbeit durchgeführte Versuchsaufbau entspricht nicht der gängigen psychologischen Auffassung. Man erwartet vor allem eine randomisierte Reizdarbietung bezüglich der Reizintervalle (variierende ISI (Interstimulusinterval)). Sollen die EP-Daten hinsichtlich ihrer Latenzen und Amplituden stabil sein, müssen die Ergebnisse von STÜRZEBECKER (Abb. 19 u. 20) berücksichtigt werden, was in den allerwenigsten Arbeiten bisher geschah. Diese Ergebnisse schließen eine Randomisierung ganz und gar aus. Sie zeigen außerdem, daß das gewählte Reizintervall von 5 sec in Bezug auf die Gesamtversuchsdauer und die Unterscheidbarkeit der einzelnen Peaks eine optimale ISI darstellt.

Bei der Betrachtung der Kurvenverläufe in Abb. 20 kann man weiter entnehmen, daß das Verhalten der N_1 -Latenz sich von dem der P_2 etwa im Zeitraum von einer halben sec bis zwei sec Pausendauer prinzipiell unterscheidet. In diesem Zeitraum nimmt die N_1 -Latenz ab, aber die P_2 -Latenz schon zu. Falls dieses Faktum nicht nur auf den Latenzzeitshift zurückgeht, ist es ein Hinweis darauf, daß die beiden Peaks möglicherweise auf verschiedenen Ursachen beruhen.

Überträgt man aus Abb. 20 die entsprechenden Mittelwerte für eine Pausendauer von 5 sec in die Abb. 31, ergibt sich eine ausgezeichnete Übereinstimmung mit den Mittelwerten der eigenen Untersuchung und eine Diskrepanz zu

den Messungen von KEIDEL (1975), die im Mittel eine Verzögerung von 28 msec bei der N_1 zeigen und bei der P_2 im Intensitätsbereich von über 70 dB um gut 20 msec verzögert sind. Sollte dies mit der modifizierten Ableitung (halbe Vertexstrecke-Mastoid) in Zusammenhang stehen, müßte dieser Ableitort vom Entstehungsgebiet der N_1 weiter entfernt sein.

Auffallend ist, daß die von Keidel gemessenen P_2 -Latenzen kaum von der Reizintensität abhängig sind. Lediglich der Wert für 30 dB zeigt eine Latenzzeitzunahme von 12 msec gegenüber der sonst konstanten Latenz von 210 msec .

Dies ist insoweit bemerkenswert, als die eigenen Messungen eine deutliche nichtlineare Intensitätsabhängigkeit bei untereinander ähnlichem Kurvenverlauf erkennen lassen.

Hinsichtlich des Versuchsaufbaus ist ebenso die Reihenfolge der Reizdarbietungen zu diskutieren. Sie ist von ausschlaggebender Bedeutung, da in ihrem Zusammenhang das sog.

" Law of Initial Value " (LIV)* zu beachten ist.

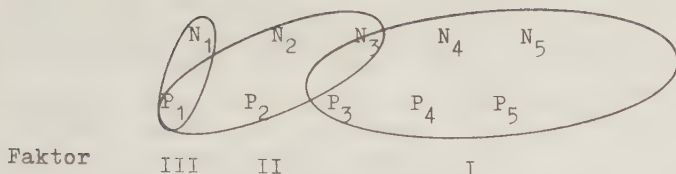
Ändert man etwa die Darbietungsfolge zwischen 10 und 110 dB, oder gar die Reizmodalitäten, so sind die Versuchsergebnisse nur noch bedingt vergleichbar. - Zu der in der eigenen Untersuchung aufgestellten Reihenfolge (AEPs: 70, 50, 30, 10, 70, 90, 110 dB; VEPs: Blitz 0, Blitz 1; SEP) führten folg. Überlegungen: Als Ausgangsintensität eignet sich für den akustischen Bereich 70 dB, da es eine geläufige und angenehme Lautstärke im Umgangssprachbereich darstellt.

* WILDER, J. : Modern psychophysiology and the law of initial value.
Amer. J. Psychotherapy, 12, 199

Im ersten Teil der Versuchssituation gelingt es dem Pb leichter als im fortgeschrittenen Stadium des Versuchs (Behinderte !) sich bis zu seiner Hörschwelle so zu konzentrieren, daß er möglichst schnelle Reaktionen beim Drücken des RT-Knopfes zeigt. Zur Überprüfung der EP - Reproduzierbarkeit und des Lerngewinnes der vorangegangenen Reizserien wurde für die hohen Intensitäten wiederum 70 dB gewählt. 90 und 110 dB stehen deshalb an dieser Stelle, weil durch ihre Einwirkung sich im Pb vegetative Veränderungen vollziehen. - Außerdem sollte mit 110 dB die schnellstmögliche RT des Pb provoziert werden.

In Vorversuchen wurde der Einfluß von Herzzyklus und Atmung auf die EPs versucht festzuhalten, um mögliche zusätzliche Parameter konstant zu halten. Da deren Einfluß aber nur gering ist und ihre Messung einen großen Eingriff in die Versuchssituation darstellt (Thermistoren in den Nasenöffnungen sowie zusätzliche Körperelektroden zur EKG-Messung) wurden diese Versuchsanordnungen vorerst weggelassen, da sie zusätzlich eine enorme Ausweitung der Verrechnung und Triggierung mit sich bringen.

Bei der Interpretation der Korrmatrizen von N_1 , P_2 und N_2 ergaben sich Hinweise, daß mindestens zwei verschiedene " corticale Generatoren " (unabhängige Erzeugung unterschiedlicher Peaks) angenommen werden können. Diese Auffassung stützen mehrere Autoren. So hat SHUCARD 1970 in Anlehnung an ERTL eine Faktorenanalyse seiner EP-Daten mit Intelligenzmaßen durchgeführt und kam zu drei interpretierbaren Faktoren :



Hierbei ist die Reihenfolge der Faktoren bzw. deren Anteil an der Gesamtvarianz von Interesse. Die späten Komponenten enthalten den größten Varianzanteil und sind somit die besten Prädiktoren für die Intelligenz. In der eigenen Arbeit kommt der Unterschied zwischen der N_1 und der N_2 noch klarer durch die Umkehr des Korrr.koeffs zutage.

	N_1	P_2	N_2	
	N_1	.62	.43	
Behinderte	P_2	.38	.52	Studenten
	N_2	.06	.38	

Aus der o.a. doppelten Dreieckstabelle der eigenen Ergebnisse kann eine Unabhängigkeit zwischen der N_1 und der N_2 wahrscheinlich gemacht werden. Bei benachbarten Peaks wird die Korrr. naturgemäß immer etwas höher sein, ist aber trotzdem noch so niedrig, daß man nicht den gleichen Prozeß (oder Generator) als Ursache annehmen muß.

Bezüglich der späten VER-Komponenten nimmt schon VAUGHAN 1969 an, daß sie von zwei verschiedenen Quellen oder Generatoren stammen: dem primären Projektionsfeld und "...a central cortical location which may reflect polysensory

projection to the motor cortex. The visual AER in this regard seems to be more complex than the auditory or somatosensory responses."

Ein weiterer Hinweis stammt von RIBARIČ und PREVEČ 1975, die durch folgende Methode zur Annahme getrennter Generatoren gelangen: Akustische, visuelle und somatosensorische Reize wurden kombiniert dargeboten. Im Vergleich zur Reizung nur eines sensorischen Organs zeigte sich eine Verschiebung der P_1 und N_1 -Latenzen, sowie eine Zunahme der N_1 - P_2 -Amplitude, was im angegebenen Sinne interpretiert wird.

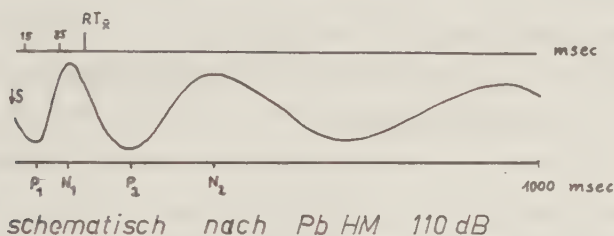
Abb. 31 zeigte, daß sich die RT für 1-bit-Entscheidungen bei zunehmender IQ-Höhe zur N_1 hin verschiebt.

LANISING et al. 1959, MONNIER 1952, VAUGHAN et al. 1965 haben gefolgert, daß die einfache RT sich aus drei verschiedenen Komponenten zusammensetzt: der Afferenz- oder Input-Zeit, der zentralen Verarbeitungszeit (central processing time) und der Efferenz- oder Output-Zeit.

Die Afferenz-Zeit konnte von MILLER et al. 1969 an Affen mit 15 msec bestimmt werden. In deren primärer Hörrinde waren bipolare Reiz- und Aufnahme-Elektroden angebracht. Bei Einsatz eines Tones hatten die Affen einen Knopf loszulassen. Nach direkter corticaler Reizung trat eine Verminderung der RT um 15 msec auf. Die Afferenz-Zeit ist im Vergleich zur Verarbeitungszeit relativ leicht zu ermitteln. VAUGHAN nimmt an, daß die beobachtete Varianz in der einfachen RT zu einem großen Teil die zentrale Verarbeitungszeit widerspiegelt, somit also Afferenz- und

Efferenz-Zeit als relativ konstant angesehen werden müssen. Die Efferenz-Zeit, bedingt durch die Nervenleitungsgeschwindigkeit, wird gut 30-50 msec betragen.

Abb.36 Reizverarbeitungszeit



Wie sich anhand der in Abb.36 dargestellten schematisierten EP-Kurve eines überdurchschnittlich intelligenten Pb zeigt kann die eigentliche Reizverarbeitungszeit vor bis zwischen P_1 und N_1 liegen. Da man annimmt, die Afferenz- und Efferenz-Zeit blieben konstant, ändert sich die Verarbeitungszeit in Abhängigkeit vom IQ.

Arbeiten um 1900 (von WOODWORTH 1938 zusammengefaßt) lassen vermuten, daß man bei Variation der Komplexität der RT-Stimuli Zugang zur zentralen Verarbeitungszeit erhält.

Es liegen eine Reihe von Arbeiten vor, die die Beziehung zwischen SRT und EP-Komponenten angeben (DONCHIN and LINDSLEY 1966, MORELL a. MORELL 1966). Dort scheinen Beziehungen zwischen verschiedenen Variablen zu bestehen. Trotzdem aber bleibt deren Beziehung zu Amplitude und Latenz weiterhin unklar.

Alle Referenten haben gefolgert, daß die SRT-Latenz eine

inverse Funktion der corticalen Erregbarkeit darstellt: je kürzer die RT umso größer die corticale Erregbarkeit. Diese Hypothese wird ebenso von folgenden Autoren gestützt: HAIDER et al. 1964; GARCIA-AUSTT et al. 1964; SPONG et al. 1965; SATTERFIELD 1965.

Diese Untersuchungen lassen annehmen, daß die EPs Aufmerksamkeit und Wachheit widerspiegeln und daß Letztere auch in der SRT enthalten ist.

Betrachtet man die EP-Kurven Minderbegabter, (Anhang) findet man, daß die zentrale Verarbeitungszeit in keinem Zusammenhang zum Kurvenverlauf zwischen P_1 und N_1 steht. Denn auch bei RTs von 500 msec und mehr sind keine Veränderungen der Peak-Latenzen und -Amplituden zu erkennen. Berücksichtigt man die Reizintensität bei der zentralen Verarbeitungszeit, (je geringer die Reizintensität umso länger die zentrale Verarbeitungszeit) kommt man zu dem Schluß, daß Arousal als Phänomen hier verantwortlich gemacht werden kann.

Betrachtet man die EP-Kurven von Pb 41 im Anhang, findet man trotz annähernd konstanter N_1 - und P_2 -Latenzen verschiedene RTs. Mit der RT hat sich dagegen die N_2 verschoben. (der Einfluß von Motorpotentialen steht zusätzlich zur Diskussion)

Aus alledem kann man den Schluß ziehen, daß das Amplitudenmaß N_1 - P_2 nicht die unmittelbare Reizverarbeitung repräsentiert, auch wenn es in der objektiven Audiometrie als Kriterium zur Hörschwellenbestimmung herangezogen wird. Wahrscheinlicher ist es, daß es sich hier um ein

Arousal-Phänomen handelt.

BECK et al.[†] nehmen folglich weniger eine Beziehung zwischen der Aufmerksamkeitsschwelle und EP-Latenzen, als vielmehr zu EP-Amplituden an. Dies stimmt auch mit EP-Kurven von Klein- und Kleinstkindern überein, bei denen nur Antworten auf die ersten 2-5 Reize zustandekommen. Mit zunehmendem Alter nimmt deren Zahl aber zu, was mit der Aufmerksamkeitsentwicklung parallel geht.

Die ERTLsche Hypothese wäre somit in folgender Weise zu modifizieren:

Die eigentliche Reizverarbeitung für 1-bit-Reize kann im Bereich bis zur N_1 stattgefunden haben. Die gefundenen Latenzzeiten der Peaks bis zur P_2 erlauben kaum eine Unterscheidung zwischen Normalen und Behinderten. (gleicher Streubereich). Die N_2 -Latenz eignet sich zwar als Intelligenz- und Konzentrationsfähigkeitskriterium, verhält sich aber umgekehrt wie die ERTLsche Annahme und scheint mehr ein allgemeines Maß für Arousal zu sein (wodurch sich auch die Höhe der Korrr. erklären läßt). Andererseits muß man bedenken, daß Intelligenztestwerte eine Varianz enthalten, die wie die RT auf Aufmerksamkeit und Wachheit zurückgeht. So ist es möglich, daß nicht so sehr Latenzmaße der EPs einen Index der corticalen Effizienz darstellen sondern mehr einen Index der corticalen Erregtheit, der Aufmerksamkeit oder Wachheit.

In seiner Dissertation kommt SHUCARD 1970 zu dem Schluß, "...that an intrinsic mechanism in brighter persons regulates their intellectual capacities even under conditions

[†] UNVERÖFFENTLICHTE ARBEIT von 1968

of low arousal, whereas such mechanisms are less adequate or efficient for duller persons. But, interestingly, under extrinsic conditions which, as it were, impose arousal, the LAER (EP-Latenz) for duller persons becomes comparable to that for brighter subjects and the correlation between LAER and ability therefore drops. At a more practical level, the results suggest that to measure LAER as a predictor of intelligence, one should reduce the arousal state as much as possible." (S.154)

Die anfänglich plausible Hypothese, daß sich die Effizienz der Reizverarbeitung in kürzeren Peak-Latenzzeiten äußert, sollte trotzdem weiterhin nicht als alleinige Arbeitshypothese verwendet werden. So fand auch CALLAWAY 1968, daß kurze Latenzen bei intellektuell defekten Pbn auftraten und bemerkte: " This is the opposite of what is found in visual AER in adults by others."

Worum es sich letztlich bei den von uns als N_2 gemessenen Peak-Latenzen wirklich handelt, kann man zum augenblicklichen Zeitpunkt noch nicht sagen.

Wie in den einleitenden Kap. gezeigt, kann man nur feststellen, daß andere Autoren bisher keinen Unterschied gemacht haben zwischen reinen EP-Kurven und solchen, innerhalb deren Verlaufsregistrierung eine motorische Reaktion verlangt wurde. Leider fehlen in unserer Versuchsanordnung, von jedem Pb einige AEP- und VEP-Kurven ohne die verlangte motorische Reaktion. Aus den wenigen vorhandenen Daten ohne RT kann man leider keine allgemeingültigen und statistisch gesicherten Aussagen bezüglich veränderter

EP-Kurvenformen treffen (s. Kap. Motorpotentiale).

Daß jedoch die RT in einer engen Beziehung zur N_2 steht, zeigen die Korrr.koeff. der logarithmierten RT (R bis .993). Die nichtregistrierte CNV bzw. das Bereitschaftspotential wäre eine Bereicherung für die Aussage der Arbeit gewesen. Auch wenn die im Kap. über CNV beschriebenen klassischen Bedingungen nicht gegeben sind, findet durch wiederholte Darbietungen eine Konditionierung statt, die Gleichstromverschiebungen bewirkt. Wie aus dem Vergleich zwischen Abb. 13 mit 14 hervorgeht, ist die CNV oder ein ähnlicher Effekt nicht schlüssig in Bereich der N_2 anzusiedeln.

Auch die Behauptung, die EP-Kurven gewannen durch die zusätzliche motorische Reaktion an Prägnanz (spitzere Peaks) kann nicht nachgewiesen werden.

Allerdings war auch die Problemstellung dieser Arbeit nicht auf die Lösung dieser Frage zugeschnitten.

Es gilt ferner zu klären, ob hinter der Beobachtung mehr als Zufall steckt, daß der RT-Kurvenverlauf der Behinderten stark dem ihrer zugehörigen N_2 - und der der Studenten auffallend ihrer P_2 -Kurve ähnelt.

Was die Verwendung von Intelligenztests zur Korrr. mit EP-Daten anbelangt, erwies sich der Benton als geeignet, der Raven dagegen kaum. Die höchsten Korrr. mit EP-Daten traten im Test d_2 auf. Es empfiehlt sich daher weitere Durchstreiche- und Aufmerksamkeitstests mit EP-Daten in Beziehung zu setzen, denn die Möglichkeit Maße für die Konzentration und Aufmerksamkeit aus den EPs ziehen zu können, sieht sehr vielversprechend aus. Augenblicklich ist für den Test d_2 schon ein multipler Korrr.koeff. von .8 aus reinen EP-Daten extrahierbar

13.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Geordnet nach den Fragekomplexen von Kap. 9.1 kommt diese Arbeit zu folgenden Ergebnissen :

- F (1) Es treten überwiegend bei den Reizintensitäten 10 dB und 110 dB im akustischen Bereich hohe Korrelationen mit psychologischen Testwerten auf. Diesen beiden Intensitäten entsprechen unterschiedliche psychologische Valenzen. Wiederum andere psychologische Parameter werden vom optischen und dem taktilen Bereich erfasst, die aber überwiegend in der gleichen Richtung korrelieren.
- F (2) Bei der Darbietung ganzer Reizserien mit unterschiedlicher Reizintensität ist die Peakidentifizierung nicht nur eindeutiger, sondern kann bisweilen als Peak-Verifizierung bezeichnet werden.
- F (3) Bisher ist es nicht gelungen den Beitrag ganzer Reizserien zur Vorhersage psychologischer Testwerte genauer als durch die multiple Regressionsanalyse zu erfassen. Ihr Beitrag (partieller Korrkoeff) liegt im Bereich von .15 .
- F (4) Die synchrone Registrierung der RT mit dem EP erweist sich im individuellen Falle nicht als zusätzliche Hilfe zur Peak-Identifizierung.
- F (5) In der Gruppe der Behinderten tritt die RT meist im Bereich der N_2 auf; bei durchschnittlich Begabten im Bereich der P_2 und bei überdurchschnittlich Begabten auf der abfallenden Flanke zwischen der N_1

und der P_2 . Anhand hochbegabter Pbn kann man mit Hilfe der SRT zeigen, daß die eigentliche Reizverarbeitung mit großer Wahrscheinlichkeit schon vor dem N_1 -Peak beendet sein muß.

H 1.0 : Die N_1 -Latenz der Behinderten ist gegenüber der der Studentengruppe in den AEPs um $\bar{X} = 5.4$ msec verzögert
die P_2 um 10.2 msec verzögert
die N_2 aber ist 48.4 msec kürzer

H 1.1 : Die EP-Peak-Latenzen korrelieren zum größten Teil negativ mit der Intelligenz, wobei

H 1.11 : averbale Intelligenztests höher mit EP-Peak-Latenzen korrelierten als verbale.

H 1.2 : Die RT korreliert positiv mit EP-Peak-Latenzen

H 1.3 : Die N_1 - und P_2 -Latenz korreliert positiv mit Konzentrationstests.

Die P_2 - und N_2 -Latenz des optischen Bereichs korrelieren negativ mit Aufmerksamkeitstests.

H 2.1 : Der Delta-Rhythmus korreliert negativ mit Intelligenztestwerten.

H 3.1 : Der Alpha-Rhythmus zeigt

sichere positive Korr zur Intelligenz

H 3.2 : zur RT eine negative Beziehung

H 3.3 : zusammen mit dem Beta-Rhythmus

positive Korr zu Aufmerksamkeitstests.

H 4.1 : Der Alpha-Anteil des AEPs ist geringer als der des VEPs .

Die Hypothese von ERTL, daß eine negative Korrelation zwischen Intelligenz und den Latenzzeiten der späten Potentiale besteht, kann nicht bestätigt werden.

Die N_1 - und P_2 -Latenzzeiten verhalten sich zwar im Sinne der ERTL'schen Hypothese, besitzen aber bei geringen Differenzierungen der Mittelwerte große Streuungen. Sie können kaum zur Schätzung der Intelligenz herangezogen werden.

Besser gelingt eine Schätzung mit der N_2 -Latenz.

Es wurde diskutiert, daß in ERTL's Hypothese der Arousal- und Alertness-Effekt bei den späten Potentialen nicht berücksichtigt wurde.

In den Korrelationsanalysen stellte sich heraus, daß die Daten des Benton-Tests und des Tests d_2 besonders gut aus EP-Daten geschätzt werden können.

Anhand multipler Regressionsanalysen läßt sich zeigen, daß aus EP-Kurven stammende Latenzzeitmaße der Peaks N_1 und vor allem N_2 ebenso gut für die psychologische Diagnostik verwertbar gemacht werden können wie die gebräuchlichen psychologischen Testverfahren.

ANHANG

Tab. 3

Mittelwerte und Standardabweichungen in Abhängigkeit
von den verschiedenen untersuchten Reizmodalitäten
und Intensitäten für die Gruppe der Behinderten.

	RT		Modus RT		Standardabw. ^{RT}		N ₁		P ₂		Ampl. N ₁ -P ₂		N ₂	
	X	S _D	X	S _D	X	S _D	X	S _D	X	S _D	X	S _D	X	S _D
10	586,0	144,9	546,7	155,3	149,2	86,0	167,9	58,3	290,9	103,9	10323	11082	468,8	93,95
30	492,1	182,8	467,2	209,9	125,9	85,8	125,8	27,8	236,5	37,5	10978	7739	368,6	77,3
50	447,7	178,8	413,8	189,0	110,4	72,0	112,7	24,9	216,9	34,2	11867	5568	343,4	74,4
70	424,8	153,5	409,4	161,8	113,7	68,4	108,4	18,1	200,6	27,0	15816	7181	330,2	73,9
71	425,5	163,7	397,3	163,0	97,9	53,7	109,4	22,1	200,1	29,9	16318	7714	318,0	66,1
90	598,7	183,0	365,0	175,3	94,3	66,6	112,6	16,7	193,9	27,0	19423	9255	309,7	69,9
110	339,1	167,2	319,7	201,8	91,3	68,6	106,8	19,8	190,1	19,8	22772	10662	292,5	72,3
BLo	345,6	101,4	333,8	132,9	81,7	60,3	132,0	40,1	190,3	56,3	13712	6029		
BL1	358,1	126,4	341,8	119,8	82,9	65,9	130,0	35,5	205,9	50,0	16071	7526	347,6	94,6
Takt	480,9	160,2	445,5	160,8	136,0	133,9	161,4	41,7	239,1	60,7	10925	8973	428,5	96,2

	Delta %		Theta %		Alpha %		Beta %	
	X	S _D	X	S _D	X	S _D	X	S _D
10	57,4	14,7	20,6	8,1	13,8	7,5	8,1	4,9
30	56,7	14,8	21,4	8,9	13,8	7,5	8,0	4,8
50	57,6	15,1	21,8	9,5	13,1	7,5	7,3	4,2
70	56,1	12,7	23,8	7,6	12,7	5,9	7,3	3,8
71	57,4	13,0	23,0	7,8	12,4	6,7	6,8	4,4
90	56,6	12,5	24,4	8,2	12,4	5,6	6,6	3,8
110	55,7	14,3	23,6	9,1	12,8	6,0	7,8	4,9
BLo	57,3	14,9	21,9	9,6	12,4	6,1	7,0	4,3
BL1	52,9	14,2	23,1	9,8	15,5	7,3	8,4	4,3
Takt	56,2	14,3	21,0	8,2	14,2	6,7	8,2	5,4

Schlüssel 1

ERKLÄRUNGEN der ABKÜRZUNGEN für die KC RELATIONSMATRIZEN

Zeilen	10 - 110	Lautstärke in dB Bl ₀ , Bl ₁ TL	Akustischer Ber. Optischer Ber. Taktiler Ber.
Spalten	VarNr.		
	MZA 19	Mann-Zeichen-Alter	
	MZQ 20	Mann-Zeichen-Quotient	Mann-Zeichen-Test
	MZQ ₁₅ 21	Mann-Zeichen-Quotient bez.auf 15 Jahre	(Intelligenz)
	KP 22	Kreise-Punktieren	FSB(Aufmerksamk.)
	d ₂ 23	GZ	Test d ₂
	d ₂ 24	GZ - F	(Aufmerksamkeit)
	d ₂ 25	Standartwert GZ	
	d ₂ 26	Standartwert GZ-F	
	Ra A 27	Raven-Untertest-A-Punkte	Raven
	B 28	" " -B- "	(Intelligenz)
	C 29	" " -C- "	
	D 30	" " -D- "	
	Ra G 31	"-Gesamtpunkte	
	IqV 32	HAWe Verbalteil -IQ	HAWe (VIF)
	IqH 33	HAWe Handlungsteil-IQ	
	IqG 34	HAWe Gesamt-IQ	
	Lli 35	Lohnlistenplatz (1-24)	Lohnliste RWM
	re1 36	Anz. richtiger wiedergaben	
	re2 37	Fehlerzahl	Benton-Test
	re3 38	Anz.d.Auslassungen	(Intelligenz)
	re4 39	Anz.d.Entstellungen	
	Lrt 40	Log der RT	Reaktionszeit
	Lmd 41	Log des Modus der RT	
	Lrh 42	Log der RT (Ampl.histogr.)	
	Lrg 43	Log der RT 1,2 sec	
	ZrE 44	" mit 110	Berechn.mit Z-
	ZrT 45	" mit 120	Werten der Korre-
	ZrA 46	" mit 130	lationen zw. RT
	ZrB 47	" mit 140	u.Frequenzbereich

REAKTIONSZEIT

10	30	50	70	71	90	110	BL ₀	BL ₁	TL	VarNr
-0.1435 39	-0.2258 47	-0.1703 47	-0.1111 47	-0.1331 47	-0.2871 47	-0.3263 47	-0.2430 46	-0.1469 46	-0.2594 45	MZA 19
-0.0643 33	-0.1625 47	-0.1717 47	-0.1473 47	-0.1203 47	-0.2923 47	-0.2679 47	-0.1568 46	-0.0542 46	-0.2517 45	MZQ 20
-0.1735 33	-0.2631 47	-0.2273 47	-0.1733 47	-0.1616 47	-0.3242 47	-0.3255 47	-0.2711 46	-0.1422 46	-1.2498 45	MZQ 21
-0.1927 35	-0.3171 47	-0.2591 47	-0.3112 47	-0.1853 42	-0.1865 42	-0.1494 42	-0.4067 41	-1.1115 41	-0.4777 41	KP 22
-0.6640 3	-0.4087 11	-0.4013 11	-0.2246 11	-0.0335 11	-0.1196 11	-0.0775 11	-0.1120 11	-0.2135 10	-0.1462 10	d ₂ 23
-0.7035 3	-0.5724 11	-0.4071 11	-0.3413 11	-0.2972 11	-0.2878 11	-0.3340 11	-0.2491 11	-0.2596 11	-0.2503 11	d ₂ 24
-0.8141 3	-0.3449 11	-0.3664 11	-0.2405 11	-0.4432 11	-0.3252 11	-0.3914 10	-0.1820 10	-0.5167 10	-0.4477 10	d ₂ G 25
-0.8535 8	-0.4178 11	-0.3642 11	-0.3041 11	-0.2755 11	-0.4459 11	-0.6240 10	-0.2492 10	-1.1115 10	-0.4437 10	d ₂ G 26
-0.1244 39	-0.0471 42	-0.0171 42	-0.1283 42	-0.0738 42	-0.0368 42	-0.1341 42	-0.0690 41	-0.1117 41	-0.1235 41	RaA 27
-0.3774 39	-0.1511 43	-0.0981 43	-0.0683 43	-0.0731 43	-0.1267 43	-0.1611 43	-0.1756 42	-0.0353 42	-0.1346 41	B 28
-0.2151 30	-0.2581 33	-0.1723 38	-0.1654 38	-0.2461 33	-0.2229 33	-0.2132 38	-0.2488 37	-0.1418 37	-0.2392 37	C 29
0.0702 24	0.1207 29	0.0949 29	-0.0150 29	-0.0143 29	-0.2155 29	-0.1604 29	-0.1295 29	-0.0448 29	-0.2401 28	D 30
-0.1205 37	0.0423 45	0.0081 45	-0.0313 45	-0.0581 45	-0.1958 45	-0.2317 45	-0.1296 44	-0.1256 44	-0.3002 43	RaG 31
-0.1967 30	-0.0647 35	-0.0477 36	-0.1206 36	-0.0807 36	-0.1487 36	-0.1739 36	-0.1221 36	-0.0914 35	-0.2111 34	IQV 32
-0.1932 30	-0.1393 35	-0.0555 36	-0.0720 36	-0.0688 36	-0.1942 36	-0.1739 36	-0.2054 36	-0.0533 35	-0.2711 34	IQH 33
-0.1698 39	-0.3552 45	-0.2576 45	-0.2361 45	-0.2874 45	-0.1813 45	-0.1454 45	-0.2123 44	-0.1197 44	-0.2327 43	IQG 34
-0.5501 35	-0.3549 44	-0.1639 44	-0.1965 44	-0.1806 44	-0.1740 44	-0.1070 44	-0.2114 43	-0.1718 43	-0.1863 42	LL1 35
0.2115 14	0.4681 17	0.4657 17	0.2521 17	0.1734 17	0.1114 17	0.0923 17	0.1735 16	-0.1281 16	-0.1593 16	Be1 36
0.1123 17	-0.1974 19	-0.0514 19	-0.2246 19	-0.2201 19	0.1115 19	0.1206 19	0.1665 19	-0.0519 18	0.3366 18	Be2 37
0.4705 11	-0.0756 12	0.1079 12	-0.1077 12	-0.2300 12	-0.1662 12	0.0392 12	-0.0399 12	0.0163 12	0.0524 12	Be3 38
0.0906 15	-0.0865 17	0.0207 17	-0.0373 17	-0.1635 17	0.0551 17	0.0156 17	0.2092 17	-0.0577 16	0.2346 16	Be4 39
0.9902 39	0.9867 47	0.9138 47	0.9029 47	0.9659 47	0.9683 47	0.9631 47	0.9844 46	0.9892 46	0.9019 45	LRT 40
0.6657 39	0.9142 47	0.9155 47	0.9018 47	0.9306 47	0.8455 47	0.8621 46	0.9548 45	0.9445 45	0.9021 44	LMD 41
0.9091 26	0.8241 30	0.7928 29	0.8752 28	0.8362 27	0.9374 22	0.8518 25	0.8464 22	0.9256 22	0.8943 22	LRH 42
0.7546 39	0.8146 47	0.8913 47	0.8478 47	0.9131 47	0.9343 47	0.8629 47	0.8172 45	0.8462 45	0.8369 45	LRG 43
-0.2027 36	-0.0395 47	-0.2107 46	-0.2007 45	-0.4634 45	-0.0791 47	-0.2454 46	0.1568 46	-0.0023 46	0.0764 41	ZRD 44
-0.0453 39	-0.1708 45	0.0882 47	-0.0080 45	0.3792 45	-0.0265 45	-0.1487 44	0.1973 46	-0.0049 46	0.0734 43	ZRT 45
0.1139 36	-0.2224 47	-0.0163 46	0.1117 44	0.1711 47	-0.1171 47	-0.0723 47	0.1979 45	-0.0501 46	0.1328 43	ZRA 46
0.2051 33	0.1282 45	-0.0824 47	0.0167 46	-0.1682 47	-0.4743 45	-0.1049 46	-0.0071 44	0.0281 44	-0.1034 43	ZRP 47

STREUUNG der RT

10 30 50 70 71 90 110 BL0 BL1 TL

Var

-0.1966	-0.2085	-0.1562	-0.1985	0.0148	0.320	-0.2312	-0.1544	-1.1421	-0.4401	MZA 19
39	47	47	46	47	47	47	46	40	44	
-0.1477	-0.1310	-0.0970	-0.2403	-0.0894	0.351	-0.2245	-0.0401	0.0044	-0.2069	MZQ 20
39	47	47	40	47	47	47	46	40	44	
-0.1845	-0.2182	-0.1400	-0.2301	-0.0145	0.3754	-0.2555	-0.1502	-0.1320	-0.2267	MZQ 21
39	47	47	40	47	47	47	46	46	44	
0.2623	0.3707	0.0013	0.130	0.0005	0.2220	0.0578	0.3394	0.2707	0.2476	KP 22
35	4	42	42	42	42	42	41	42	4	
-0.0795	-0.0131	-0.2883	0.1240	0.0761	0.2367	-0.0312	0.4471	0.3500	0.2384	d ₂ 23
9	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
-0.2852	-0.2076	-0.0642	-0.1820	-0.1080	-0.0779	-0.2195	0.5830	0.2527	0.3710	d ₂ 24
9	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
0.1256	0.1866	-0.2510	0.2707	0.3505	0.1443	-0.1201	-0.1737	-0.2528	0.1818	d ₂ G 25
8	10	10	10	10	10	10	10	9	9	
-0.0634	-0.0669	-0.1459	-0.1207	0.1646	-0.1306	-0.3031	0.3250	0.4737	0.0000	d ₂ G 26
8	10	10	10	10	10	10	10	7	7	
0.0395	-0.0499	-0.1851	-0.2024	-0.0262	-0.0288	0.0177	-0.1478	0.1037	0.0400	RaA 27
35	42	42	42	42	42	42	41	41	39	
-0.3182	-0.1527	-0.1947	-0.2619	0.0053	-0.1060	-0.0561	-0.1269	-0.1483	-0.1293	B 28
35	43	43	43	43	43	43	42	42	41	
-0.0648	-0.0659	-0.1034	-0.2539	-0.2173	-0.0256	0.0363	-0.0258	-0.1971	-0.3012	C 29
30	38	38	38	38	38	38	37	37	30	
0.0372	0.0193	0.0932	-0.1481	0.2054	-0.1983	-0.1311	0.0357	0.3532	0.3637	D 30
24	29	29	29	29	29	29	29	29	27	
-0.0316	0.0283	-0.0359	-0.0700	0.1212	-0.1512	-0.0593	0.1386	0.2568	0.0237	RaG 31
37	45	45	45	45	45	45	44	44	42	
-0.1644	-0.1384	0.0470	-0.1379	0.1102	-0.1819	-0.0383	-0.0509	0.0400	-0.2307	IQV 32
30	36	36	36	36	36	36	36	35	33	
0.0212	-0.0357	-0.0251	-0.1944	0.1701	-0.1125	-0.0116	-0.1907	-0.1101	-0.1780	IQH 33
30	36	36	36	36	36	36	36	35	33	
-0.2150	-0.2411	-0.1710	-0.3104	-0.1280	-0.1249	0.0267	-0.3031	-0.3400	-0.2220	IQG 34
38	45	45	44	45	45	45	44	44	42	
-0.2462	-0.1566	-0.0553	-0.2840	-0.1688	-0.1422	-0.2145	-0.1915	-0.2200	-0.1497	LI1 35
36	44	44	43	44	44	44	43	43	41	
0.3618	0.2273	0.2403	0.2000	0.2000	0.1280	0.0159	0.1142	0.0170	0.4170	Be1 36
13	17	17	17	17	17	17	16	16	10	
0.0418	-0.1446	-0.0249	-0.2911	0.3525	0.1696	0.1157	0.2460	-0.3900	0.1620	Be2 37
17	19	19	19	19	19	19	19	18	16	
0.2803	0.2211	0.0959	-0.2493	-0.1558	0.2420	0.1561	-0.1209	-0.1372	0.1428	Be3 38
11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
-0.1357	-0.3488	-0.0955	-0.2629	-0.5078	-0.0694	-0.1004	0.3284	-0.3271	-0.2000	Be4 39
15	17	17	17	17	17	17	17	10	16	
0.5360	0.6173	0.6029	0.6414	0.6026	0.6792	0.6315	0.6433	0.5787	0.425	LRT 40
39	47	47	46	47	47	47	46	46	44	
0.6386	0.5010	0.5911	0.4320	0.5226	0.4633	0.4093	0.6073	0.5179	0.2803	LMd 41
39	47	47	46	47	47	40	45	40	43	
0.3934	0.2796	0.1792	0.2620	0.3902	0.4701	0.0879	0.2147	0.5702	0.2845	LRH 42
26	30	29	28	27	22	25	22	22	22	
0.5115	0.6513	0.5711	0.5630	0.4933	0.7281	0.5411	0.5535	0.5239	0.3017	LRG 43
39	47	47	46	47	47	47	45	46	44	
-0.2453	-0.0648	-0.3707	-0.1230	0.0127	-0.1752	0.1851	0.1689	0.1340	0.1100	ZRD 44
38	47	45	44	46	47	46	46	46	41	
-0.2465	-0.0020	-0.1057	0.0547	-0.0249	-0.1260	0.1534	0.0669	-0.1943	0.0610	ZRT 45
39	45	47	45	46	46	44	46	40	43	
-0.1387	-0.1407	-0.1067	0.1385	0.0598	0.1036	-0.0267	0.3140	0.0930	0.0430	ZRA 46
38	47	46	43	47	47	47	45	46	43	
0.0678	0.1198	-0.1298	-0.1400	-0.0262	-0.1674	-0.0502	0.0571	0.1202	-0.1042	ZRB 47
39	46	47	45	47	45	46	44	44	43	

LATENZ N_1

10	30	50	70	71	90	110	BL ₀	BL ₁	TL	Wz. Nr.
0.1898 40	0.3370 47	0.0056 47	0.1898 46	0.1436 47	0.0218 47	0.1885 47	0.2317 46	0.0400 46	0.1343 45	MZA 19
0.2522 40	0.3633 47	0.0611 47	0.1455 46	0.2749 47	0.0184 47	0.1458 47	0.2220 46	0.3713 46	0.0252 45	MZQ 20
0.2085 45	0.3131 47	0.0180 47	0.1453 46	0.1756 47	0.0036 47	0.1661 47	0.2017 46	0.0440 46	0.0448 45	MZQ 21
0.4735 36	0.0391 42	0.1698 42	0.0019 41	0.1444 42	0.1932 42	0.0552 42	0.1158 41	0.1157 42	0.1124 41	KP 22
-0.0340 9	0.1488 11	0.0314 11	0.2778 11	0.6905 11	0.2045 11	0.3348 11	0.4336 11	0.5442 11	0.1215 10	d ₂ 23
0.0597 9	0.3143 11	0.7436 11	0.2319 11	0.4223 11	0.2957 11	0.3741 11	0.4317 11	0.4139 10	0.0172 10	d ₂ 24
-0.2891 8	0.0528 10	0.4601 10	0.137 10	0.5720 10	0.0097 10	0.1253 10	0.1364 10	0.4223 9	0.0433 9	d ₂ 25
-0.2658 8	0.1589 10	0.0337 10	0.1750 10	0.3051 10	0.1151 10	0.0365 10	0.1016 10	0.378 9	0.1243 9	d ₂ 26
0.0207 36	0.1471 42	0.0491 42	0.0668 41	0.0945 42	0.0110 42	0.1006 42	0.1796 41	0.1657 41	0.0070 40	RAA 27
0.0980 36	0.0531 43	0.0338 43	0.0251 42	0.0558 43	0.0224 43	0.1026 43	0.2332 42	0.0353 42	0.2456 41	B 28
0.1936 31	0.2058 38	0.1512 38	0.1617 38	0.0559 38	0.0157 38	0.0078 38	0.0581 37	0.0425 37	0.136 37	C 29
0.0769 24	0.0581 29	0.1542 29	0.3031 29	0.1912 29	0.1998 29	0.3278 29	0.0742 29	0.1419 28	0.0493 28	D 30
-0.0076 38	0.0493 45	0.1053 45	0.1278 44	0.0827 45	0.1919 45	0.2465 45	0.1408 44	0.110 44	0.2451 43	RA3 31
0.1691 36	0.1672 36	0.0473 36	0.1372 36	0.0785 36	0.0945 36	0.1381 36	0.1398 36	0.1155 35	0.0060 34	IQV 32
0.1988 30	0.3265 36	0.0551 36	0.0644 36	0.2348 36	0.2483 36	0.2941 36	0.3165 36	0.236 35	0.1447 34	IQH 33
0.2793 38	0.4323 45	0.0546 45	0.1086 45	0.1038 45	0.1207 45	0.4343 45	0.2690 44	0.1851 44	0.131 43	IQG 34
0.2274 37	0.1512 44	0.1120 44	0.2522 43	0.2112 44	0.1387 44	0.1604 44	0.1068 43	0.1755 43	0.142 42	Lli 35
-0.1281 13	0.1997 17	0.0980 17	0.0963 17	0.1533 17	0.0300 17	0.1856 17	0.0521 16	0.0444 16	0.0377 16	Be1 36
-0.2273 17	0.2316 19	0.3372 19	0.3648 19	0.2093 19	0.3621 19	0.1455 19	0.1464 19	0.0738 18	0.1155 18	Be2 37
0.0110 11	0.0395 12	0.0575 12	0.0033 12	0.0417 12	0.0083 12	0.0553 12	0.2969 12	0.2722 12	0.0477 12	Be3 38
-0.3577 15	0.1269 17	0.2018 17	0.1412 17	0.2607 17	0.1458 17	0.2241 17	0.0621 17	0.3146 16	0.0008 16	Be4 39
0.2587 39	0.0342 47	0.0931 47	0.0079 46	0.0319 47	0.0743 47	0.0069 47	0.1591 46	0.3197 46	0.1118 45	LRT 40
0.1886 39	0.1626 47	0.0874 47	0.0876 46	0.0850 47	0.0979 47	0.1416 46	0.2175 45	0.2413 45	0.155 44	LMd 41
0.3189 26	0.1830 30	0.0923 29	0.2542 27	0.1386 27	0.2257 22	0.0855 25	0.1514 22	0.1664 22	0.3777 22	LRH 42
0.2923 39	0.0700 47	0.0873 47	0.0549 46	0.0215 47	0.0355 47	0.0313 47	0.2051 45	0.348 45	0.041 45	LRG 43
-0.4594 38	0.0060 47	0.0582 46	0.1169 45	0.0699 46	0.1016 47	0.0269 46	0.1308 46	0.0439 46	0.0008 41	ZRD 44
0.1497 39	0.0672 45	0.2438 47	0.1240 46	0.0031 46	0.1164 46	0.0997 44	0.2759 46	0.0659 46	0.0046 43	ZRT 45
0.1100 38	0.0840 47	0.0017 46	0.2350 44	0.1415 47	0.1586 47	0.1860 47	0.0426 45	0.1862 46	0.0005 43	ZRA 46
-0.0505 39	0.0125 46	0.0418 47	0.0939 46	0.1010 47	0.1853 45	0.1988 46	0.1167 44	0.0027 44	0.0017 43	ZRB 47

LATENZ P.

10	30	50	70	71	90	110	BL0	BL1	TL	Var.Nr.
0.2017 40	-0.1682 47	-0.2471 46	-0.2446 45	0.0764 47	-0.1013 47	0.0990 47	0.1034 46	0.0081 46	0.0974 45	MZA 19
0.1035 43	-0.2537 47	-0.2378 46	-0.2779 45	0.0169 47	-0.1533 47	0.0647 47	0.2901 46	0.1431 46	0.0221 45	MZQ 20
0.1965 40	-0.1873 47	-0.2595 46	-0.2579 45	0.1003 47	-0.1084 47	0.0995 47	0.1124 46	0.0132 46	0.0612 45	MZQ 21
0.4469 35	0.0835 42	0.0280 41	-0.0151 41	0.2165 42	-0.1588 42	-0.0910 42	-0.1251 41	-0.2504 42	-0.1107 41	KP 22
0.0875 9	0.2513 11	0.3984 11	0.0720 11	0.1412 11	0.2484 11	0.1902 11	0.0072 11	0.0421 10	-0.0702 10	d ₂ 23
0.1165 9	0.2285 11	0.4102 11	0.2794 11	0.3187 11	-0.0045 11	0.3102 11	0.1379 11	0.0911 10	-0.0102 10	d ₂ 24
-0.0403 8	0.1465 10	0.3051 10	0.5374 10	0.2399 10	0.5570 10	0.0091 10	-0.2802 10	-0.1710 9	0.0801 9	d ₂ G 25
-0.1848 8	0.3973 10	0.3108 10	0.4014 10	0.3648 10	0.2774 10	0.1398 10	-0.0880 10	-0.0005 9	0.1338 9	d ₂ G 26
0.1613 36	-0.3053 42	-0.0991 41	-0.0004 41	-0.3226 42	0.3164 42	0.1293 42	0.2028 41	0.1482 41	0.1851 40	RaA 27
0.2056 35	-0.1361 43	-0.1743 42	-0.1042 42	-0.1380 43	-0.1113 43	-0.0264 43	0.1061 42	-0.1044 42	-0.0223 41	B 28
0.2815 31	0.2190 30	0.2082 37	0.1189 38	0.1817 38	0.2594 38	-0.2316 38	-0.1291 37	-0.1974 37	0.1323 37	C 29
0.0597 24	-0.1985 29	-0.0918 28	-0.0098 29	0.2018 29	0.3045 29	-0.1730 29	-0.0652 29	-0.1924 28	0.2211 28	D 30
0.0703 38	-0.1617 45	-0.0809 44	-0.1237 44	0.3585 45	0.1142 45	-0.1535 45	-0.0440 44	-0.2527 44	0.0778 43	RaG 31
-0.0165 33	-0.1951 35	-0.0926 35	-0.1520 36	-0.3323 35	-0.1348 36	0.0124 36	0.0474 36	0.0107 35	-0.2031 34	IQV 32
0.1623 30	0.0123 33	-0.1527 35	0.0496 36	0.2483 35	0.1260 36	0.0072 36	0.0509 36	-0.0431 35	0.0199 34	IQH 33
0.2583 38	0.3873 45	-0.0575 44	-0.0434 45	0.3834 45	-0.1972 45	0.2652 45	0.0809 44	0.1000 44	-0.1799 43	IQG 34
0.1192 37	0.1575 44	-0.1119 43	-0.0044 43	0.3557 44	0.3126 44	-0.0181 44	0.0867 43	0.0123 43	0.0000 42	L11 35
-0.2693 13	-0.3277 17	-0.2939 17	-0.2980 17	-0.1024 17	0.1244 17	-0.3335 17	0.1159 16	-0.2387 16	0.0490 16	Be1 36
0.1094 17	0.5852 19	0.6009 19	0.1344 19	-0.0518 19	-0.3327 19	-0.0708 19	-0.4086 19	0.0052 18	0.0643 18	Be2 37
0.4770 11	0.7087 12	0.6281 12	0.1536 12	0.0125 12	-0.3354 12	-0.0035 12	-0.2809 12	0.2815 12	0.4399 12	Be3 38
-0.3087 15	0.1027 17	-0.0177 17	-0.2512 17	-0.2194 17	-0.1614 17	-0.5322 17	-0.3297 17	-0.4795 16	-0.0503 16	Be4 39
0.2633 39	0.1305 47	0.0518 46	0.0907 46	0.1373 47	0.1263 47	-0.0923 47	0.1565 46	0.2718 46	0.2048 45	LRT 40
0.3035 39	0.1158 47	0.1179 46	0.0876 46	0.1203 47	0.1883 47	-0.0875 46	0.2221 45	0.2628 46	0.2427 44	LMD 41
0.4213 26	0.0697 33	-0.1760 28	0.0461 27	-0.1356 27	0.3564 22	-0.3012 25	0.1030 22	0.3331 22	0.5313 22	LRH 42
0.3734 39	0.1846 47	0.1385 46	0.1206 46	0.1207 47	0.1270 47	-0.0711 47	0.1561 45	0.2844 46	0.1526 45	LRG 43
-0.0541 38	0.1591 47	-0.1227 45	-0.2853 45	0.3077 45	-0.1717 47	-0.0760 46	0.0360 46	0.2145 46	0.0229 41	ZRD 44
0.1872 39	0.2195 45	-0.2047 46	-0.1343 46	0.2242 45	-0.1464 46	-0.1271 44	0.3233 46	0.1244 46	-0.0201 43	ZRT 45
0.1552 39	0.0278 47	-0.0114 45	-0.1092 44	-0.2355 47	-0.0855 47	0.0359 47	-0.2392 45	-0.0575 46	-0.0041 43	ZRA 46
-0.0662 39	0.1074 45	-0.1724 46	-0.0461 46	-0.3938 47	-0.3538 45	-0.0047 46	-0.0067 44	-0.1132 44	0.2832 43	ZRP 47

LATENZ N_2

10	30	50	70	71	90	110	BL ₀	BL ₁	TL	Vac. Nr.
-0.1921 26	-0.2147 30	-0.0109 29	-0.1101 27	-0.2935 22	-0.1577 28	-0.4428 25	-0.0790 22	-0.1402 22	-0.2711 22	MZA 19
-0.1681 26	-0.2584 30	-0.2275 29	-0.0981 27	-0.3442 22	-0.3317 28	-0.4412 25	-0.2504 22	-0.2588 22	-0.4107 22	MZQ 20
-0.2829 26	-0.3038 30	-0.1449 29	-0.1934 27	-0.4124 22	-0.2881 28	-0.4696 25	-0.2096 22	-0.3314 22	-0.3057 22	MZQ 21
-0.6992 24	-0.4137 27	-0.3165 26	-0.1313 25	-0.3146 20	-0.2647 26	-0.3920 22	-0.6029 20	-0.7542 22	-0.7711 21	KP 22
-0.4533 8	-0.5430 10	-0.5514 10	0.0828 9	-0.3534 8	-0.5338 10	0.3556 8	-0.2272 8	-0.3133 7	-0.3744 7	d ₂ 23
-0.4134 8	-0.4837 17	-0.5259 10	-0.2055 9	-0.4339 8	-0.7543 10	-0.1223 8	-0.3077 8	-0.4072 7	-0.5442 7	d ₂ 24
-0.7925 7	-0.3336 9	-0.4038 9	0.0498 8	-0.4182 8	-0.4440 8	0.2571 8	-0.5499 7	-0.3810 7	-0.4226 7	d ₂ G 25
-0.7675 9	-0.2417 9	-0.3179 9	-0.2860 8	-0.4432 8	-0.4670 8	-0.1982 8	-0.5881 7	-0.3403 7	-0.4770 7	d ₂ G 26
-0.1817 25	-0.0151 28	0.0982 27	-0.1725 25	-0.0975 20	-0.0332 26	-0.4177 23	-0.2536 20	-0.1045 20	-0.4717 21	RAA 27
-0.4375 25	-0.2174 29	-0.0383 28	-0.5547 26	-0.0668 21	-0.1020 27	-0.2645 24	-0.2932 21	-0.1082 21	-0.2685 21	B 28
-0.1631 22	-0.1793 25	-0.0683 25	-0.2523 23	-0.0891 18	-0.1281 24	-0.0963 21	-0.2972 19	-0.1394 19	-0.2343 20	C 29
0.0114 18	0.4533 23	0.3230 22	-0.1080 21	-0.1636 16	0.2298 21	-0.1384 18	-0.1948 17	0.0319 17	-0.3223 17	D 30
-0.2243 23	0.1417 30	0.2035 29	-0.1468 27	-0.2533 22	0.0454 28	-0.5417 25	-0.2596 22	-0.1943 22	-0.3029 22	RAQ 31
-0.2355 21	0.0378 25	0.0459 24	-0.1246 22	-0.2938 17	-0.0618 23	-0.5188 20	0.0218 18	0.1312 18	-0.2226 18	IQV 32
-0.3555 21	-0.1423 25	-0.0499 24	-0.1792 22	-0.2034 17	-0.0585 23	-0.1931 20	-0.1416 18	0.0700 18	-0.2381 18	IQH 33
-0.1819 25	-0.4263 23	-0.2474 28	-0.2491 26	-0.3865 21	-0.2363 27	-0.4369 24	-0.0226 22	-0.2187 22	-0.4222 22	IQG 34
-0.4242 25	-0.1921 29	-0.1902 28	-0.1573 27	-0.0023 22	-0.0496 28	-0.2580 24	-0.1488 22	-0.1424 21	-0.1226 21	LI1 35
0.0700 10	0.5923 14	0.5619 13	0.1101 12	0.3877 9	0.4856 13	0.5616 11	0.1838 10	0.3047 10	-0.1446 10	Be1 36
0.3635 14	-0.0456 17	-0.2516 16	-0.0591 13	0.0330 12	-0.0338 16	0.4818 14	0.1059 13	0.0637 13	0.4011 13	Be2 37
0.6333 9	0.2888 11	-0.3143 10	-0.4661 18	-0.4289 7	-0.0349 11	0.2792 9	-0.3312 9	-0.0176 9	-0.2172 9	Be3 38
0.1054 12	0.1390 15	0.2870 14	0.1244 13	0.3167 11	0.2628 14	0.3955 13	0.5342 11	0.2323 12	0.4264 12	Be4 39
0.8828 23	0.7739 30	0.8089 29	0.8139 27	0.9051 22	0.9143 28	0.8474 25	0.8201 22	0.9069 22	0.1100 22	LRT 40
0.9347 25	0.7833 30	0.8818 29	0.8612 27	0.8828 22	0.9611 28	0.9522 25	0.8725 21	0.9704 22	0.0850 22	LMD 41
0.9850 26	0.9673 31	0.9838 29	0.9847 27	0.9856 22	0.9765 28	0.9822 25	0.9926 22	0.9836 22	0.1042 22	LRH 42
0.6722 26	0.5326 30	0.0061 29	0.7085 27	0.7323 22	0.7742 28	0.8093 25	0.6271 22	0.4495 22	0.7317 22	LRG 43
-0.0036 25	-0.1596 30	0.0411 28	0.1336 25	-0.1788 22	-0.0562 26	-0.2246 24	0.1021 22	-0.2576 22	0.0222 21	ZRD 44
0.2231 25	-0.5363 28	0.4312 29	0.2450 27	-0.2438 21	-0.0780 27	-0.1728 24	-0.4646 22	-0.4221 22	-0.2081 21	ZRT 45
0.3915 25	-0.0266 30	0.0583 29	0.4264 27	-0.1923 22	0.1034 25	0.2080 25	0.0406 22	-0.1565 22	0.0041 21	ZRA 46
0.2622 26	0.0631 29	-0.1528 29	0.1931 27	-0.2792 20	0.1703 27	-0.1673 25	-0.0384 22	-0.1711 21	-0.0634 21	ZRE 47

AMPLITUDE $N_1 - P_2$

10	30	50	70	71	90	110	BL0	BL1	TL	W.
0.0152 39	0.2347 46	0.3433 47	0.2771 46	0.2343 47	0.1985 47	-0.0605 47	0.0844 46	0.2460 46	-0.0782 45	MZA 14
0.1343 39	0.0357 46	0.3051 47	0.3300 46	0.2987 47	0.2450 47	0.0778 47	0.1562 46	0.2782 46	-0.0317 45	MZQ 20
0.0303 39	0.2355 46	0.0083 47	0.2774 47	0.2313 47	0.2153 47	-0.0399 47	0.0865 46	0.2441 46	-0.0782 45	MZQ 21
-0.0303 35	0.0356 41	0.0163 42	0.1354 41	0.0332 42	0.1733 42	0.0941 42	-0.1013 41	0.2441 41	-0.0782 45	MZQ 22
-0.3196 9	0.4327 11	0.0566 11	0.2724 11	0.2247 11	0.3155 11	0.4272 11	0.2930 11	0.1747 11	0.0000 11	MZQ 23
-0.3289 9	0.4332 11	0.0551 11	0.2724 11	0.4718 11	0.5101 11	0.5234 11	0.4511 11	0.4332 11	0.0000 11	MZQ 24
-0.6500 8	0.3546 10	0.0462 10	0.2432 10	0.1326 10	0.2538 10	0.2843 10	0.3511 10	0.2247 10	0.0000 10	MZQ 25
-0.6754 8	0.3752 10	0.0493 10	0.3062 10	0.3501 10	0.4125 10	0.3452 10	0.4945 10	0.3335 10	0.0000 10	MZQ 26
-0.0237 35	-0.0230 41	0.2976 42	0.0805 41	0.0305 42	0.1133 42	-0.1567 42	0.0586 41	0.1447 41	0.794 40	PaA 27
-0.0556 35	0.0178 42	0.0157 43	0.1654 42	0.1248 43	0.1444 43	0.0135 43	0.1413 42	0.2526 42	-0.0144 41	B 28
-0.2182 30	0.1142 37	-0.0774 38	-0.1534 36	0.0797 38	-0.0282 38	-0.2423 38	-0.0070 37	0.1441 37	0.1441 37	C 29
-0.1148 24	-0.0232 28	0.1491 29	0.1362 29	0.0585 29	0.1343 29	-0.1199 29	0.1445 29	0.091 28	-0.0141 28	D 30
-0.0366 37	0.0449 44	0.1949 45	0.1163 44	-0.0113 45	0.0143 45	-0.1823 45	0.0979 44	0.0944 44	0.021 43	Rad 31
0.0312 30	0.2713 35	0.1455 36	0.2055 36	-0.0348 36	0.0333 36	-0.0247 36	-0.0062 36	0.1963 35	-0.1011 34	I-V 32
-0.2460 30	0.0133 35	0.0978 36	-0.0003 36	-0.0450 36	0.0257 36	0.0394 36	-0.1676 36	-0.0433 35	-0.1532 34	IQH 33
0.0157 38	0.1144 44	0.0399 45	0.2087 45	0.1155 45	0.1515 45	-0.0767 45	-0.1408 44	0.0420 44	-0.0661 43	ISG 34
-0.0755 36	-0.2364 43	-0.2369 44	-0.1104 43	0.1189 44	0.0318 44	0.1490 44	-0.0931 43	-0.1562 43	-0.0563 42	Lli 35
0.0535 13	-0.3382 17	-0.1143 17	-0.0411 17	0.0333 17	0.0202 17	-0.0511 17	0.1767 16	-0.0223 16	-0.0000 16	Be1 36
-0.3428 17	0.0197 19	0.0298 19	-0.1794 19	0.0337 19	-0.3138 19	0.1170 19	-0.0585 19	-0.3673 18	0.1921 18	Be2 37
-0.3125 11	0.0333 12	-0.0355 12	0.1747 12	0.1393 12	0.1344 12	-0.1613 12	0.0224 12	-0.1708 12	0.0171 12	Be3 38
-0.2132 15	0.0773 17	-0.7144 17	-0.0288 17	0.0336 17	-0.3472 17	0.1804 17	0.0693 17	-0.0429 16	0.055 16	Be4 39
0.0311 39	-0.1398 46	-0.1039 47	-0.1120 46	0.0332 47	-0.2196 47	0.1734 47	0.1613 46	0.2250 46	-0.0055 45	LRT 40
0.1532 39	-0.1517 46	-0.0586 47	-0.0441 46	-0.0154 47	-0.2470 47	0.2202 46	0.1987 45	0.2145 46	0.252 44	LMD 41
0.0393 26	-0.0219 29	-0.2513 29	-0.3557 27	-0.3123 27	-0.4111 22	0.2390 25	-0.0296 22	0.0805 22	-0.2503 22	LRH 42
0.0197 39	-0.0327 46	-0.1186 47	-0.2005 46	0.0337 47	-0.1557 47	0.1602 47	0.1330 45	0.0847 46	-0.0049 45	LRG 43
-0.1341 38	-0.1465 46	-0.0972 46	0.2244 45	0.0326 46	-0.0388 47	-0.1291 46	-0.0856 46	-0.0858 46	0.1019 41	ZRD 44
0.0189 39	0.0432 44	-0.1378 47	0.0331 46	0.2127 46	0.3312 46	-0.2513 44	0.0822 46	-0.0812 46	0.0444 43	ZRT 45
0.0457 38	-0.0735 46	0.0210 46	0.0987 44	-0.1259 47	0.0136 47	0.0811 47	-0.0014 45	-0.1806 46	0.1329 43	ZRA 46
0.2339 39	0.0139 45	-0.0318 47	-0.0567 46	-0.0334 47	0.2153 45	0.0778 46	-0.1200 44	-0.1011 44	0.2215 43	ZRP 47

DELTA - Rhythmus

10	30	50	70	71	90	110	BL0	BL1	TL	Var. Nr.
0.0974 39	-0.0450 47	-0.1012 47	-0.0956 47	-0.1105 46	-0.1229 47	-0.0787 47	-0.0596 46	0.1415 46	0.1931 44	MZA 19
-0.0510 39	-0.1039 47	-0.2121 47	-0.1750 47	-0.2126 46	-0.1540 47	-0.1984 47	-0.0331 46	0.2500 46	0.2446 44	MZQ 20
0.0499 39	-0.0397 47	-0.1064 47	-0.1010 47	-0.1326 46	-0.1295 47	-0.1396 47	-0.0733 46	-0.1639 46	0.1054 44	MZQ 21
0.0023 35	0.0307 42	0.0292 42	0.0424 42	0.0341 41	0.1149 42	-0.0640 42	-0.0845 41	-0.1354 42	0.1323 40	KP 22
-0.3858 9	-0.2048 11	-0.3000 11	-0.3250 11	-0.3330 11	-0.1292 11	-0.5705 11	0.0266 11	-0.0344 10	-0.1478 9	d ₂ 23
-0.3990 9	-0.1136 11	-0.2744 11	-0.2955 11	-0.2284 11	-0.1775 11	-0.5337 11	0.1332 11	-0.5194 11	-0.1062 9	d ₂ 24
-0.2374 8	-0.2497 10	-0.1760 10	-0.1959 10	-0.1492 10	-0.2045 10	-0.5141 10	0.1816 10	0.1075 9	-0.2023 8	d ₂ G 25
-0.3055 8	-0.2021 10	-0.1943 10	-0.2007 10	-0.1217 10	-0.2772 10	-0.4735 10	0.2491 10	-0.0551 9	-0.2081 8	d ₂ G 26
0.1709 35	0.1024 42	0.0603 42	0.0536 42	-0.1061 41	-0.1006 42	-0.0828 42	0.1800 41	-0.0317 41	0.1310 39	RaA 27
-0.1572 35	-0.0621 43	-0.0221 43	-0.1235 43	-0.1769 42	-0.1040 43	-0.2177 43	0.0720 42	-0.0329 42	-0.0221 40	B 28
0.0623 33	-0.0583 38	0.0038 38	-0.0047 38	-0.0036 38	-0.0834 33	-0.0557 38	0.1752 37	0.1021 37	0.0163 36	C 29
0.0223 24	-0.1343 29	0.0061 29	-0.0633 29	-0.0448 29	-0.2852 29	0.0090 29	0.0560 29	-0.1445 28	-0.1210 27	D 30
0.1836 37	-0.0768 45	0.0460 45	0.0197 45	-0.0178 44	-0.1337 45	0.0588 45	0.0489 44	-0.1404 44	0.1440 42	RaG 31
-0.1631 30	-0.2733 36	-0.0410 36	-0.1172 36	-0.1619 36	-0.3311 36	0.0863 36	-0.3153 36	-0.2473 35	-0.0688 33	IQV 32
-0.2270 30	-0.1673 36	-0.0840 36	-0.1457 36	-0.1248 36	-0.3140 36	-0.1350 36	0.0456 36	0.1360 35	-0.2186 33	IQH 33
-0.1430 38	-0.0069 45	-0.0350 45	-0.0615 45	-0.0723 45	-0.0279 45	-0.0284 45	-0.0457 44	-0.1275 44	0.1200 42	IQG 34
-0.0537 35	0.0078 44	-0.0177 44	0.0597 44	-0.1008 43	0.0055 44	-0.2520 44	0.1935 43	0.1018 43	-0.1347 41	L11 35
1.2731 13	-0.1351 17	0.0402 17	0.0058 17	-0.1188 17	-0.2225 17	-0.0241 17	0.2057 16	0.0041 16	-0.1192 15	Be1 36
-0.4356 17	-0.0930 19	-0.3072 19	-0.0517 19	0.1167 19	0.1956 19	-0.0050 19	-0.2019 19	0.1911 18	-0.1526 17	Be2 37
-0.1011 11	0.1852 12	0.0993 12	0.4331 12	0.2076 12	0.3959 12	0.2579 12	0.2388 12	0.7303 11	0.2562 11	Be3 38
-0.1843 15	-0.2193 17	-0.3690 17	-0.0854 17	-0.1416 17	0.1121 17	0.1243 17	-0.3543 17	-0.1457 16	-0.1311 16	Be4 39
0.1662 39	0.0362 47	0.0464 47	-0.0360 47	0.1264 46	0.0643 47	0.0453 47	0.0938 46	0.0106 46	-0.1143 44	LRT 40
0.3566 39	-0.0509 47	0.0660 47	-0.0457 47	0.1542 46	-0.0587 47	-0.0066 46	0.0966 45	-0.0224 46	0.0475 43	LMd 41
0.1482 26	-0.0813 30	0.1367 29	-0.1418 27	-0.1243 27	-0.0922 22	-0.2437 25	-0.1486 22	-0.1754 22	-0.0406 21	LRH 42
-0.0438 39	0.0865 47	0.0557 47	-0.0341 47	-0.0108 46	0.1705 47	0.0819 47	0.1560 45	-0.0528 46	-0.2284 44	LRG 43
0.0231 38	-0.0774 47	-0.0076 46	0.0875 45	0.0633 45	-0.0940 47	0.2214 46	0.0478 46	0.1866 46	0.1866 41	ZRD 44
-0.0590 39	0.2717 45	0.3579 47	-0.2688 46	0.1372 46	-0.1635 46	0.3061 46	0.1377 46	0.0057 46	-0.0292 43	ZRT 45
-0.1070 38	0.1220 47	0.1568 46	0.2431 47	-0.0041 46	-0.0067 47	0.0762 47	0.0742 45	0.0656 46	-0.1340 43	ZRA 46
0.0410 39	-0.1633 46	0.1241 47	-0.1426 47	-0.2017 46	-0.0656 45	0.2054 46	-0.0990 44	0.2657 44	0.1434 43	ZHB 47

THETA - RHYTHMUS

10	30	50	70	71	90	110	BL ₀	BL ₁	TL	Var. Nr.
0.0381 39	0.0387 47	0.1299 47	0.1444 46	0.1858 47	0.0894 47	-0.0428 47	0.0347 46	0.0449 46	0.0401 44	MZA 19
0.2971 39	0.1449 47	0.2749 47	0.3119 46	0.3322 47	0.2352 47	0.1686 47	0.2106 46	0.2141 46	0.0185 44	MZQ 20
0.1241 39	0.0492 47	0.1613 47	0.1947 40	0.2312 47	0.1143 47	0.0149 47	0.0753 46	0.1340 46	0.0419 44	MZQ 21
0.0921 35	0.0322 42	0.0697 42	0.1256 41	0.3535 42	-0.0303 42	-0.0399 42	0.1005 41	0.0325 42	0.0505 40	KP 22
0.1722 3	0.1243 11	0.2291 11	0.1876 11	0.2665 11	0.1031 11	0.4837 11	-0.0523 11	0.0331 10	0.0695 9	d ₂ 23
0.2452 3	0.1257 11	0.2431 11	0.2264 11	0.3322 11	0.2361 11	0.4606 11	-0.0466 11	0.1079 10	0.0334 9	d ₂ 24
0.0245 8	0.2037 11	0.1415 10	-0.0045 10	0.1444 11	0.1365 11	0.4430 10	-0.1811 10	0.0793 9	0.0282 8	d ₂ G 25
0.1415 3	0.2348 12	0.2302 10	0.1639 10	0.2934 11	0.2972 11	0.4124 10	-0.1622 10	0.0679 9	0.1006 8	d ₂ G 26
-0.0709 35	0.1476 42	0.0637 42	0.1233 41	0.0421 42	0.1102 42	0.0218 42	-0.0724 41	0.0173 41	0.0584 39	RaA 27
0.1535 35	0.0135 43	0.0623 43	0.1627 42	0.1541 43	0.0246 43	0.0690 43	-0.0818 42	0.0774 42	0.0404 40	F 28
-0.1547 33	-0.0553 33	-0.0847 38	-0.1128 38	0.0075 33	-0.0576 33	-0.1991 38	-0.2043 37	-0.1441 37	-0.1447 36	C 29
0.1142 24	0.3525 23	0.1944 29	0.1781 29	0.2383 23	0.2352 23	-0.0649 29	0.0155 29	0.1013 28	0.1547 27	D 30
-0.2152 37	0.3535 43	-0.0312 45	-0.0019 44	0.0125 43	0.0334 43	-0.1171 45	-0.0766 44	0.0094 44	-0.1142 42	RaG 31
-0.0724 31	0.2131 35	0.0583 34	0.1027 36	0.0222 35	0.1529 35	-0.1339 36	0.0002 36	-0.0272 35	-0.1520 33	IQV 32
0.2443 31	0.2153 35	0.1952 36	0.0884 36	0.1535 35	0.1371 35	-0.0417 36	-0.0780 36	-0.0332 35	0.0359 33	IQH 33
0.3565 38	-0.1237 45	-0.0202 45	0.0654 45	-0.0571 45	-0.0323 45	-0.1530 45	-0.1293 44	-0.1712 44	-0.2223 42	IQG 34
-0.1274 35	-0.1714 44	-0.1067 44	-0.0759 43	-0.0912 44	-0.1211 44	0.0923 44	-0.1252 43	-0.1113 43	-0.0304 41	LI1 35
-0.2513 13	-0.0734 17	-0.1764 17	-0.1191 17	-0.2552 17	-0.0303 17	-0.1475 17	-0.2477 16	0.0305 16	-0.0418 15	Be1 36
0.2763 17	0.0375 13	0.1146 19	-0.1578 19	0.0837 19	-0.1413 13	0.0272 19	0.1998 19	-0.2269 18	0.0605 17	Be2 37
0.0871 11	0.2032 12	0.3040 12	0.2748 12	0.0331 12	-0.1305 12	-0.2352 12	0.1295 12	-0.4444 12	0.0427 11	Be3 38
-0.0343 15	-0.0493 17	-0.0507 17	-0.0533 17	-0.0523 17	-0.1531 17	-0.0803 17	0.1393 17	-0.2028 16	0.0459 15	Be4 39
0.0871 33	0.0381 47	0.0163 47	-0.0171 46	-0.0781 47	-0.0395 47	-0.0457 47	-0.0426 46	0.0445 46	0.2001 44	LRT 40
-0.1171 33	-0.0454 47	-0.0176 47	0.0001 46	-0.3531 47	-0.0135 47	0.0679 46	-0.0327 45	0.0722 46	0.0714 43	LM4 41
0.1267 25	0.2813 31	-0.0595 29	0.1117 27	0.0275 27	0.3483 22	0.2635 25	0.0504 22	-0.0049 22	0.1047 21	LRH 42
0.2554 39	-0.0332 47	-0.0503 47	-0.0166 40	-0.1045 47	-0.2125 47	-0.0328 47	-0.0936 45	0.1262 46	0.2062 44	IRG 43

ZRD 44

ZRT 45

ZRA 46

ZRP 47

ALPHA - RHYTHMUS

10	30	50	70	71	90	110	BL ₀	BL ₁	TL	Var. N
-0.1288 39	0.1018 47	0.0913 47	0.0921 46	0.0251 47	0.1854 47	0.0270 47	0.0779 46	0.1349 46	0.0067 44	MZA 19
-0.0687 39	0.1301 47	0.1428 47	0.1311 46	0.0719 47	0.1738 47	0.1030 47	0.0743 46	0.1471 46	0.0022 44	MZQ 20
-0.1104 39	0.0937 47	0.0782 47	0.0889 46	0.0333 47	0.1771 47	0.0722 47	0.0590 46	0.1175 46	0.0111 44	MZQ ₁₅ 21
-0.1778 35	-0.0369 42	-0.0999 42	-0.0248 41	-0.1638 42	-0.0148 42	-0.0298 42	-0.0294 41	-0.0145 42	-0.0145 41	KP 22
0.3535 9	0.0780 11	0.1621 11	0.2208 11	0.1224 11	0.0202 11	0.3011 11	0.0761 11	0.0107 15	0.2324 9	d ₂ 23
0.3058 9	-0.0381 11	0.0314 11	0.0277 11	0.0659 11	0.0648 11	0.3281 11	-0.0981 11	0.7370 15	0.1193 9	d ₂ 24
0.2316 8	0.0426 10	0.0371 10	0.1290 10	0.0493 10	0.0489 10	0.2776 10	-0.0201 10	0.0130 10	0.3116 8	d ₂ 25
0.2298 8	-0.0395 10	-0.0647 10	-0.0351 10	-0.0745 10	0.0485 10	0.2650 10	-0.1571 10	0.7107 10	0.2340 5	d ₂ 26
-0.1778 35	-0.1553 42	-0.1541 42	0.0030 41	-0.1155 42	-0.1124 42	0.0779 42	-0.0871 41	0.0431 41	-0.0044 39	RaA 27
0.1014 35	0.0382 43	-0.0650 43	0.1400 42	-0.0149 43	0.1323 43	0.1329 43	0.0840 42	0.1547 42	0.0036 42	B 28
0.0119 31	0.0933 38	0.0019 38	0.1379 38	-0.0656 38	0.1285 38	-0.0118 38	-0.0671 37	0.0437 37	0.0714 36	C 29
-0.0053 24	-0.0104 24	-0.1320 29	-0.0178 29	-0.0513 29	0.2179 29	-0.0061 29	-0.0121 29	0.0353 28	0.2076 27	D 30
-0.0584 37	0.0772 45	-0.0234 45	0.0551 44	-0.0272 45	0.1900 45	-0.0818 45	0.0854 44	0.1144 44	0.0716 42	RaC 31
0.3133 34	0.3214 30	0.1170 36	0.1542 36	0.2062 35	0.4807 35	0.0547 36	0.3997 36	0.4491 36	0.2014 33	IQV 32
0.2034 34	0.1038 36	-0.0671 36	0.1595 36	0.0864 36	0.3753 36	0.1619 36	0.0936 36	0.1272 35	0.3570 35	IQH 33
0.1796 38	0.1262 45	0.0805 45	0.1097 45	0.1185 45	0.2116 45	0.1157 45	0.1309 44	0.2014 44	0.1155 42	IQG 34
0.1151 35	0.0191 44	-0.0249 44	0.0450 43	0.0244 44	0.0126 44	0.2133 44	-0.1108 43	-0.0066 43	0.0714 41	LI 35
-0.0111 13	0.3350 17	0.1822 17	0.1738 17	0.3488 17	0.4204 17	0.2813 17	0.0296 16	-0.0605 16	0.2445 15	Be1 36
0.3020 17	0.0805 19	0.2976 19	0.0986 19	-0.0885 19	-0.2653 19	-0.0136 19	-0.0015 19	-0.0346 18	0.0843 17	Be2 37
-0.1830 11	-0.2972 12	-0.2396 12	-0.1752 12	-0.3756 12	-0.3743 12	-0.2339 12	-0.2572 12	0.6027 12	-0.1730 11	Be3 38
0.3217 15	0.3321 17	0.0189 17	0.2226 17	0.1412 17	-0.1008 17	-0.0541 17	0.1883 17	0.1364 16	0.2764 16	Be4 39
-0.2072 39	-0.0616 47	-0.0209 47	-0.0430 46	0.0644 47	-0.0358 47	-0.0188 47	-0.0494 46	-0.0659 46	-0.0345 44	LRT 40
-0.3403 39	-0.0611 47	-0.0544 47	-0.0989 46	0.0568 47	0.0245 47	-0.0114 46	-0.0117 46	-0.0455 46	-0.1133 43	LMd 41
-0.1729 25	0.0412 30	-0.0745 29	0.2002 27	0.1422 27	0.1255 22	0.1812 25	0.4780 22	0.2140 22	-0.0936 21	LRH 42
-0.0712 39	-0.0639 47	-0.0168 47	-0.0129 46	0.0339 47	-0.1157 47	-0.0582 47	-0.1591 45	-0.0466 46	0.1114 44	LRG 43
-0.0538 38	0.1737 47	0.0586 46	-0.1089 45	-0.1357 46	0.0338 47	-0.2005 46	-0.0392 46	-0.2666 46	-0.2633 41	ZRD 44
-0.0209 39	-0.2236 45	-0.2746 47	-0.0471 46	0.1777 46	0.1693 46	-0.2448 44	-0.0049 46	-0.0695 46	-0.1039 43	ZRT 45
-0.3206 38	-0.0394 47	-0.1075 46	-0.0152 44	0.1698 47	-0.1703 47	-0.1223 47	0.0479 45	-0.2368 46	0.0076 43	ZRA 46
-0.1438 39	0.1623 46	0.1209 47	0.1026 46	0.1725 47	-0.0030 45	-0.1975 46	0.2630 44	-0.2899 44	-0.1134 43	ZRp 47

BETA - Rhythmus

	10	30	50	70	71	90	110	BL ₀	BL ₁	TL	
-0.2316	-0.1703	-0.0647	-1.0571	-0.0306	-0.4562	0.2547	-0.0055	-0.4407	-1.1337		M
39	47	47	40	46	47	47	46	45	44		
-0.2565	-0.1434	-0.1101	-1.1140	-0.1507	-0.1556	0.1110	-0.1906	-0.1454	-0.2127		
39	47	47	40	46	47	47	46	45	44		
-0.2128	-0.0873	-0.0878	-1.1775	-0.1346	-0.1712	0.2642	-0.0233	-0.1522	-1.1242		M
39	47	47	40	46	47	47	46	45	44		
-0.0447	-0.0274	-0.1060	-1.1333	-0.1882	-0.1751	0.2646	0.0365	0.0587	0.3577		K
35	42	42	41	41	42	42	41	41	41		
0.5528	0.3965	0.4342	1.3501	1.4176	0.2861	0.4280	-0.3027	-1.1845	-1.1873		d
9	11	11	11	11	11	11	11	11	11		
0.4697	0.2685	0.4375	0.2564	0.2463	0.1499	0.3086	-0.3507	-0.1515	-0.0707		d
9	11	11	11	11	11	11	11	11	11		
0.5140	0.4422	0.3604	0.2765	0.4417	0.5417	0.4468	-0.2945	-0.1635	-0.1994		d
8	11	11	11	11	11	11	10	10	10		
0.4472	0.3768	0.4010	1.2350	0.3055	0.3035	0.3380	-0.3000	-0.1615	0.0879		d
8	11	11	11	11	11	11	10	10	10		
-0.0821	-0.1413	-0.1030	-0.1399	-0.0385	-0.0451	0.0812	-0.2106	-0.1668	-1.1580		Ra
35	42	42	41	42	42	42	41	41	39		
0.1373	0.1416	0.1065	0.1631	0.0255	0.0721	0.3132	0.0445	0.0372	0.0324		
35	43	43	42	42	43	43	42	42	4		
0.0653	0.1770	0.1790	1.2670	0.0496	0.1921	0.4843	-0.0368	0.1157	0.0771		
36	38	38	35	37	38	38	37	37	30		
-0.2631	-0.1353	-0.1983	-1.1712	-0.1292	-0.1366	0.0855	-0.1467	-1.1757	-1.1944		
24	29	29	29	28	29	29	29	26	27		
-0.0970	0.0056	-0.1784	-1.0337	-0.0602	0.0569	0.1305	0.0259	-0.1501	-0.1757		Ra
37	45	45	44	44	45	45	44	43	42		
0.1139	0.0980	-0.1751	-1.0310	0.0774	-0.0244	-0.0497	0.0449	-0.1367	-0.1423		IQ
30	36	36	36	35	36	36	36	34	33		
-0.1041	0.0002	-0.1103	-1.0399	-0.0232	0.0366	0.2189	-0.1373	-0.1345	0.1633		IQ
30	36	36	36	35	36	36	36	34	33		
0.0407	0.0431	0.1520	0.0289	-0.0395	-0.0437	0.1794	0.0607	-0.1382	0.0670		IQ
38	45	45	45	44	45	45	44	43	42		
0.1708	0.0746	0.1320	1.1211	0.0249	0.1024	0.2894	-0.0317	0.1601	0.1240		IL
36	44	44	43	43	44	44	43	42	41		
-0.3785	0.2092	0.1705	0.1059	-0.0975	0.2724	-0.0090	-0.1290	-0.1489	0.2180		Be
13	17	17	17	16	17	17	16	16	15		
0.3177	0.1633	0.4231	0.1559	0.0487	0.0293	-0.0144	0.2947	0.0100	0.0601		Be
17	19	17	19	19	19	19	19	17	17		
-0.2816	-0.4324	-1.3568	-0.3107	-0.0333	-0.0439	-0.0907	-0.4783	0.1371	-0.3907		Be
11	12	12	12	12	12	12	12	11	11		
0.2494	0.3259	0.0131	1.1511	0.1023	0.0835	-0.1194	0.0440	0.1717	0.1100		Be
15	17	17	17	17	17	17	17	15	10		
-0.3157	-0.1164	-0.1523	-0.1101	0.1237	0.0755	-0.0025	-0.1085	0.1185	-0.1347		LRD
39	47	47	40	46	47	47	46	45	44		
-0.3111	-0.0829	-0.1098	-0.1459	0.1414	0.2167	-0.0736	-0.0976	0.1724	0.1544		LM
39	47	47	40	46	47	47	46	45	43		
-0.3168	-0.3315	-0.2713	-0.1017	0.1095	0.1789	0.0402	0.2897	-0.1555	0.1163		LRP
26	31	29	27	26	22	25	22	21	21		
-0.1982	-0.0613	-0.1419	0.1050	0.2264	0.0615	-0.0738	-0.0999	-0.1053	0.1436		LRG
39	47	47	40	40	47	47	45	43	44		
0.1080	0.1403	0.1127	0.1470	0.0018	0.2244	-0.1599	-0.0201	-0.1200	-1.1225		ZRD
38	47	40	45	45	47	46	46	45	41		
0.2361	0.1618	0.1540	0.1293	0.0358	0.1215	-0.0286	-0.1325	-0.0687	-0.1894		ZRT
39	45	47	40	45	46	44	46	45	43		
0.0445	0.0155	-0.0372	0.1340	0.0363	0.0695	0.0110	-0.0817	-0.2147	0.1237		ZRA
38	47	40	46	46	47	47	45	45	43		
-0.0250	0.0504	0.1498	0.1997	-0.0490	0.0768	0.0104	-0.0709	-0.2777	-0.2195		ZKp
39	46	47	40	46	45	46	44	43	43		

Schlüssel 2

für die folgenden Interkorrelationsmatrizen

Es handelt sich hier um 10 aufgesplitterte Dreiecksmatrizen vom Format 17 x 17.

In der Horizontalen ist die gleiche Aufteilung gewählt wie in den vorangegangenen Matrizen.

Die Variablennummern in der Vertikalen bedeuten:

- | | |
|----|--|
| 1 | RT |
| 2 | Standardabweichung (Streuung) der RT |
| 3 | Modus der RT |
| 4 | N_1 - Latenz |
| 5 | P_2 - Latenz |
| 6 | Amplitude |
| 7 | Delta - Rhythmus |
| 8 | Theta - Rhythmus |
| 9 | Alpha - Rhythmus |
| 10 | Beta - Rhythmus |
| 11 | Korr. der RT mit dem Delta |
| 12 | " " " Theta |
| 13 | " " " Alpha |
| 14 | " " " Beta |
| 15 | Über das Amplitudenhistogramm gewonnene RT |
| 16 | RT mit Werten bis zu 1500 msec |
| 17 | N_2 - Latenz |

REAKTIONSZEIT

122

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	0.5281	0.0428	0.7211	0.0471	0.5411	0.6380	0.6000	0.6667	0.6111	0.4111						
	39	47	47	47	47	47	47	46	46	44						
	39	47	47	47	47	47	47	45	45	44						
	0.7041	0.8857	0.9238	0.9182	0.9596	0.8611	0.8847	0.9327	0.9421	0.8937						
	39	47	47	47	47	47	46	45	44	44						
	0.2545	-0.0749	0.0795	0.0934	0.0455	0.0451	0.0057	0.1551	0.3393	0.1220						
	39	47	47	46	47	47	47	46	46	45						
	0.2671	0.1230	0.1019	0.0988	0.1641	0.1131	-0.0527	0.1696	0.2571	0.1814						
	39	47	46	46	47	47	47	46	46	45						
	0.0738	-0.1636	-0.0633	-0.0690	0.0451	-0.1659	0.2090	0.1890	0.2223	-0.0281						
	39	46	47	46	47	47	47	46	46	45						
	0.1790	0.0329	0.0298	0.0252	-0.0654	0.0667	0.0910	0.1093	0.0391	-0.0822						
	39	47	47	46	47	47	47	46	46	44						
	0.0757	0.0380	0.0465	-0.0075	-0.0482	-0.0900	-0.0673	-0.0527	0.0079	0.2672						
	39	47	47	46	47	47	47	46	46	44						
	-0.2223	-0.1529	-0.0275	-0.0277	0.0953	-0.0142	-0.0401	-0.0559	-0.0720	-0.0884						
	39	47	47	46	47	47	47	46	46	44						
	-0.3083	-0.1258	-0.1684	-0.0411	0.1167	0.0187	-0.0705	-0.1116	0.0085	-0.0800						
	39	47	47	46	46	47	47	46	45	44						
	-0.1968	0.0353	-0.2018	-0.1797	0.3454	0.0471	-0.2004	0.1720	-0.0054	0.0850						
	39	47	46	45	46	47	46	46	46	41						
	-0.0629	-0.1597	0.0897	0.0332	0.2880	-0.0620	-0.1555	0.1727	-0.0617	0.0763						
	39	45	47	46	46	45	44	46	46	43						
	0.1465	-0.1899	-0.0145	0.1133	0.1662	-0.1161	-0.0590	0.1977	-0.0368	0.1146						
	39	47	46	44	47	47	47	45	46	43						
	0.2031	0.1523	-0.0753	0.0270	-0.1614	-0.4135	-0.1146	-0.0053	0.0328	-0.1145						
	39	46	47	46	47	45	47	44	44	43						
	0.9090	0.7922	0.8029	0.9119	0.8271	0.9278	0.8869	0.8218	0.9291	0.8700						
	26	30	29	28	27	22	25	22	22	22						
	0.7230	0.7917	0.9390	0.8043	0.9330	0.9443	0.8847	0.7903	0.8613	0.7060						
	39	47	47	47	47	47	47	45	46	45						
	0.2106	0.2293	0.1933	0.0704	0.2611	0.2071	0.2697	0.4302	0.3580	0.2137						

STREUUNG DER RT

	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	0.1129	0.5451	0.7544	0.4300	0.4803	0.4381	0.4736	0.0390	0.0434	0.2493				
	39	47	47	46	47	47	46	45	46	43				
	0.2166	0.3252	0.0044	0.1640	0.0432	-0.0133	0.1135	-0.2340	0.1103	-0.0100				
	39	47	47	45	47	47	47	46	46	46				
	0.0828	0.1831	0.1779	0.0673	0.1369	0.3691	0.1211	-0.0560	0.0638	-0.0214				
	39	47	46	45	47	47	47	46	46	44				
	-0.0321	-0.2033	-0.0122	-0.0472	-0.0873	-0.2522	-0.2065	0.1018	0.0999	0.0931				
	39	46	47	45	47	47	47	46	46	44				
	-0.1110	0.1656	-0.0644	0.0300	0.0245	0.2113	0.3200	0.0793	0.0105	0.0143				
	39	47	47	45	47	47	47	46	46	43				
	0.1712	-0.0438	0.1635	-0.0861	-0.1037	-0.2101	0.3475	-0.0550	0.0077	0.1900				
	39	47	47	45	47	47	47	46	46	43				
	0.0505	-0.1457	-0.0220	-0.0407	0.0644	-0.1128	-0.1959	-0.1248	0.0204	-0.0320				
	39	47	47	45	47	47	47	46	46	43				
	-0.0338	-0.2178	-0.0840	0.1061	0.0155	-0.0564	-0.0610	-0.0159	-0.1207	-0.1320				
	39	47	47	45	46	47	47	46	45	43				
	-0.2129	0.0593	0.3677	-0.0960	-0.0056	-0.1798	0.1910	0.1750	0.0294	0.2121				
	39	47	46	44	46	47	46	46	46	41				
	-0.2456	-0.0552	-0.0683	0.0756	-0.0419	-0.1466	0.1095	0.0428	-0.2123	0.0544				
	39	45	47	45	46	46	44	46	46	43				
	-0.1409	-0.1768	-0.1050	0.1229	0.0616	0.3944	-0.0172	0.3217	0.0959	0.0330				
	39	46	47	43	47	47	47	45	46	43				
	0.0313	0.1056	-0.1284	-0.1438	-0.0202	-0.1865	0.0562	0.0577	0.0218	-0.0954				
	39	46	47	45	47	45	47	44	44	43				
	0.4000	0.3288	0.1902	0.3190	0.3797	0.4044	0.1022	0.1768	0.6113	0.2805				
	26	30	29	20	27	22	25	22	22	22				
	0.5274	0.6689	0.0830	0.5771	0.4312	0.6893	0.5434	0.5607	0.5709	0.3787				
	39	47	47	46	47	47	47	45	46	44				
	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000				

MODUS DER RT

Var. Nr.	10	30	50	70	71	90	110	dB	BL ₀	BL ₁	TL
4	0.2265 39	-0.1369 47	0.0713 47	0.0178 46	-0.0357 47	0.8939 47	-0.0511 46		0.1976 45	0.3239 46	0.1065 44
5	0.3295 39	0.1118 47	0.1705 46	0.1388 46	0.1582 47	0.1901 47	-0.0317 46		0.2134 45	0.2619 46	0.2007 44
6	0.1913 39	-0.1688 45	-0.0267 47	-0.0623 48	0.8117 47	-0.1963 47	0.1800 46		0.2073 45	0.1970 46	0.2294 44
7	0.3589 39	0.0653 47	0.0654 47	0.0844 46	-0.6593 47	-0.0441 47	0.0459 46		0.1122 45	0.0088 46	0.3063 43
8	-0.0791 39	-0.0734 47	0.0010 47	-0.0146 46	-0.0611 47	-0.3178 47	0.0044 46		-0.0406 45	0.0080 46	0.0449 43
9	-0.3633 39	-0.0135 47	-0.0737 47	-0.1367 46	0.0881 47	0.0301 47	-0.0196 46		-0.0520 45	-0.0451 46	-0.1663 43
10	-0.3701 39	-0.0982 47	-0.1135 47	-0.0650 46	0.1274 45	0.1553 47	-0.1053 46		-0.1016 45	0.0579 45	-0.0071 43
11	-0.0317 39	0.1157 47	-0.2142 46	-0.1601 45	0.3503 45	-0.0674 47	-0.2072 45		0.2313 45	0.0216 46	-0.3003 40
12	0.1052 39	-0.1135 45	0.1771 47	-0.0952 46	0.2843 45	0.0073 45	-0.1037 43		0.1673 45	0.3443 46	-0.0666 42
13	0.2462 39	-0.0392 47	-0.0111 46	0.1106 44	0.2347 47	-0.0283 47	0.0096 46		0.0553 44	-0.0072 46	0.0046 42
14	0.2814 39	0.1055 45	-0.1262 47	-0.0427 46	-0.0903 47	-3.4275 45	-0.0821 46		-0.0331 43	0.0019 44	-0.1036 42
15	0.9442 25	0.7648 33	0.8951 29	0.4783 28	0.8785 27	0.8932 22	0.9685 25		0.8690 21	0.9859 22	0.8944 22
16	0.3114 39	0.7371 47	0.8403 47	0.0282 47	0.8984 47	0.8244 47	0.8101 46		0.7561 44	0.0750 46	0.6657 44
17	0.3431 25	0.2395 37	0.2818 38	0.0006 39	0.3032 41	0.2183 39	0.3505 39		0.4453 36	0.3897 36	0.1560 34

N₁

5	0.6119 40	0.2347 47	-0.1612 46	0.7564 46	0.3571 47	0.2206 47	0.2873 47		0.4156 46	0.6145 46	3.4242 45
6	0.1480 39	-0.0907 46	0.1782 47	0.2670 46	0.0462 47	-0.0313 47	0.3975 46		0.0358 46	0.2305 46	0.1826 45
7	0.1956 39	-0.1726 47	-0.0214 47	-0.0491 46	-0.1081 46	-0.0712 47	0.0585 47		-0.0531 46	-0.0909 46	0.1749 44
8	-0.0333 39	0.0831 47	0.0444 47	0.0954 46	0.0113 47	-0.0112 47	-0.0309 47		0.2011 46	0.2404 46	-0.1208 44
9	-0.1515 39	0.2207 47	0.0351 47	-0.0192 46	0.1241 47	0.0728 47	-0.0005 47		0.0651 46	0.0152 46	-0.0493 44
10	-0.3318 39	0.0269 47	-0.0702 47	0.0015 46	0.0886 46	0.1882 47	-0.1215 47		-0.1897 46	-0.3520 45	-0.2246 44
11	-0.4206 38	-0.0055 47	0.0693 46	-0.1279 45	0.6612 46	-0.1018 47	0.0363 46		0.1365 46	-0.0774 46	-0.0214 41
12	0.0473 39	-0.0618 45	0.2373 47	0.1196 46	-0.0178 46	0.1187 46	-0.1233 44		0.2759 46	0.0356 46	0.0098 43
13	0.1311 38	-0.0744 47	0.0093 46	0.2366 44	-0.1429 47	-0.1551 47	0.1703 47		-0.0316 45	-0.2007 46	-0.0445 43
14	-0.0276 39	-0.0326 46	-0.0373 47	0.1104 46	0.0962 47	0.2819 45	0.1628 47		0.1156 44	0.0043 44	0.3749 43
15	0.3005 26	-0.2172 30	0.0777 29	-0.1511 27	-0.1049 27	0.2360 22	-0.0845 25		0.1461 22	0.4062 24	0.3226 22
16	0.3789 39	-0.0484 47	0.0686 47	0.1352 46	0.8531 47	-0.0103 47	-0.0220 47		0.1903 45	0.3429 46	0.2445 45
17	0.0379 25	0.0882 37	0.0313 38	0.0921 39	0.1151 40	-0.1549 39	-0.0386 40		0.3255 37	0.0263 38	0.1940 36

P₂

Var. Nr

6	-0.1962 39	-0.1458 46	0.0601 46	-0.0919 46	-0.1013 47	-0.1459 47	0.0111 47	0.3314 46	0.1512 46	0.0327 45
7	0.2841 39	0.1221 47	0.0717 46	0.0569 46	0.0939 47	-0.1143 47	0.0166 47	0.0439 46	-0.0820 46	0.3471 44
8	-0.0848 39	-0.1975 47	0.0515 46	0.1061 46	-0.3014 47	0.1683 47	-0.0157 47	0.1748 46	0.2774 46	-0.2414 44
9	-0.3043 39	-0.6473 47	-0.1557 46	-0.1903 46	-0.1665 47	-0.0083 47	0.0196 47	0.0322 46	-0.0243 46	0.3209 44
10	-0.2467 39	0.0523 47	-0.1599 46	-0.1492 46	-0.1301 45	0.0435 47	-0.0321 47	-0.2582 46	-0.2542 45	-0.1500 44
11	-0.1212 38	0.1595 47	-0.0986 45	0.3161 45	0.3153 45	-0.1852 47	-0.0758 46	0.0555 46	0.2235 46	0.0336 41
12	0.0783 39	0.0183 45	-0.2043 46	-0.1372 46	0.2225 45	-0.1495 45	-0.0892 44	0.3197 46	0.1029 46	-0.0277 43
13	0.1453 38	0.3662 47	-0.0080 45	-0.1697 44	-0.2325 47	-0.3083 47	0.0335 47	-0.2332 45	-0.0578 46	-0.0643 43
14	-0.0408 39	0.3881 45	-0.1767 46	0.0025 46	-0.1845 47	-0.0556 45	0.1343 47	-0.0054 44	-0.1102 44	0.2754 43
15	0.4536 26	0.1197 30	-0.1498 28	0.1059 27	-0.1277 27	0.3962 22	-0.1960 25	0.1119 22	0.2645 22	0.4203 22
16	0.4258 39	0.1866 47	0.2005 46	0.1557 46	0.1917 47	0.1197 47	-0.0165 47	0.2050 45	0.2770 46	0.0914 45
17	0.0984 25	0.4453 37	0.6201 38	0.4684 39	0.3271 43	0.5743 39	0.1709 40	0.4313 37	0.3288 38	0.2579 34

AMPLITUDE										
7	0.0737 39	-0.0544 46	0.0897 47	-0.0025 46	-0.1547 47	0.0621 47	-0.0911 47	0.1107 46	-0.1719 46	0.1504 44
8	-0.1121 39	-0.0570 46	0.0493 47	0.2308 46	0.3221 47	0.1334 47	0.2361 47	0.0466 46	0.0958 46	-0.0097 44
9	-0.0317 39	0.1758 46	-0.0802 47	-0.1291 46	-0.0291 47	-0.1437 47	-0.0020 47	-0.0538 46	0.1451 46	-0.0917 44
10	-0.0788 39	0.0032 46	0.2492 47	-0.2435 46	-0.2357 46	0.3521 47	-0.1415 47	-0.1704 46	0.1044 45	-0.2773 44
11	-0.1357 38	-0.1443 46	-0.0868 46	0.1861 45	0.0309 45	-0.0234 47	-0.1280 46	-0.0506 46	-0.1831 46	0.0046 41
12	0.0383 39	-0.0126 46	-0.1403 47	0.0230 46	0.1765 46	0.3553 46	-0.2439 44	0.0749 46	-0.1214 46	0.0025 43
13	0.1210 38	-0.0551 46	0.0202 46	0.1021 44	-0.1252 47	0.0213 47	0.0786 47	-0.0115 45	-0.1362 46	0.1510 43
14	0.2251 39	0.0316 45	-0.0143 47	-0.0533 46	-0.0213 47	0.2547 45	0.0198 47	-0.1201 44	-0.1945 44	0.2134 43
15	0.0959 26	-0.0450 29	-0.2159 27	-0.3445 27	-0.2944 27	-0.3542 22	0.2677 25	-0.0198 22	0.0844 22	-0.2431 22
16	0.0148 39	-0.0597 46	-0.0807 47	-0.1296 46	0.0498 47	-0.1261 47	0.1926 47	0.1593 45	0.1042 46	-0.0347 45
17	0.2476 25	-0.2126 37	0.0255 38	-0.0671 39	-0.1216 48	-0.0430 39	0.1018 40	0.2679 37	0.2608 38	-0.3194 34

"These findings thus indicate that there is a relationship between amplitude of the AEP and intelligence but only for change in AEP amplitude as a subject progresses from a condition of high external activation and only for fluid intelligence (or one of its subprocesses), not for the crystallized component of intelligence."

Weiterhin untersuchten RHODES, DUSTMAN und BECK (1968) den Zusammenhang zwischen VEPs und Intelligenz an 20 unintelligenten (WISC 70-90) und 20 intelligenten Kindern (WISC 120-140). Obwohl ihre Ergebnisse keine Schlüsse auf die eigene Arbeit zulassen, da keine Kinder-AEPs abgeleitet wurden (auch weder zentral noch occipital), sollen die Ergebnisse bezüglich Latenz- und Amplitudenunterschieden zwischen den intelligenten und unintelligenten Kindern abgebildet werden (Abb. 25).

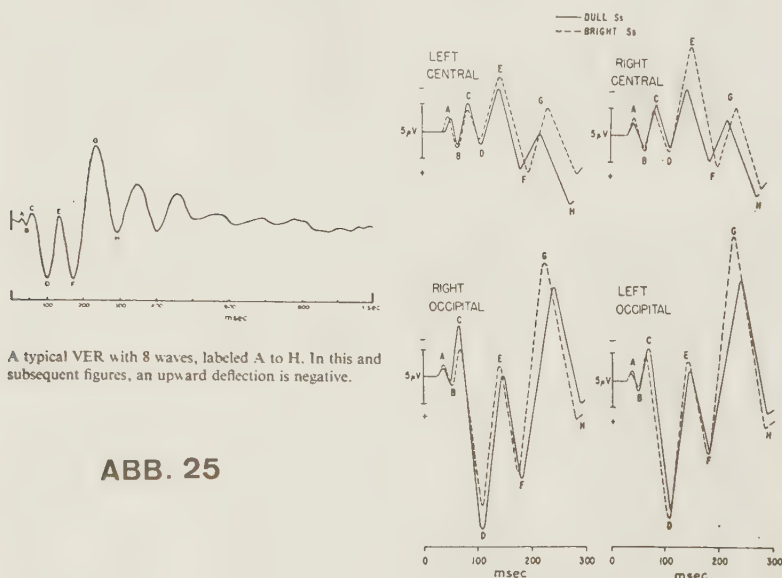


ABB. 25

Group schematic VERs recorded from left and right central and occipital scalp of twenty bright and twenty dull children illustrating amplitude differences between the groups.

RRT-Delta

Var. Nr

12	<u>0.4078</u> 38 45 46	<u>0.3033</u> 45 46	0.2848 46	0.1754 45	<u>0.5824</u> 45 46	<u>0.4112</u> 45 46	<u>0.5050</u> 43 46	0.2303 46	<u>0.3444</u> 46	0.2952 41
13	0.2245 37	0.2485 47	0.1655 45	0.1637 43	-0.0642 46	0.1632 47	0.3314 46	-0.0190 45	0.1816 46	0.1422 41
14	0.0150 33	0.2383 45	0.1917 46	0.0777 45	0.1212 45	0.0433 45	0.3954 46	0.1076 44	0.0718 44	-0.1083 41
15	0.0092 25	-0.1593 31	0.0724 28	-0.0077 26	0.1285 25	-0.1711 22	-0.2540 24	0.1048 22	-0.2515 22	0.1567 21
16	-0.1728 33	0.1151 47	-0.2417 46	-0.0028 45	<u>0.2981</u> 45	0.0215 47	-0.1263 46	0.2196 45	-0.0055 46	0.0845 41
17	0.0343 25	0.0050 37	0.0930 37	-0.1906 38	0.2882 39	-0.1483 33	-0.0490 39	<u>0.3067</u> 37	0.1094 34	0.0041 32

RRT-Theta

13	<u>0.6222</u> 38	0.2800 45	<u>0.2922</u> 46	<u>0.3344</u> 44	0.0355 46	0.0927 46	<u>0.3880</u> 44	0.2012 45	<u>0.3400</u> 46	<u>0.4780</u> 43
14	<u>0.4745</u> 39	0.0108 45	<u>0.3249</u> 47	0.2724 46	0.2603 46	0.1682 44	<u>0.4237</u> 44	-0.1396 44	<u>0.3712</u> 44	0.1812 43
15	0.2110 26	<u>0.5413</u> 28	<u>0.4398</u> 29	-0.0637 27	0.2626 27	-0.2777 21	-0.1756 24	<u>0.4551</u> 22	<u>0.4335</u> 22	-0.2116 21
16	0.2258 39	-0.1143 45	0.0551 47	-0.1152 46	0.2312 46	-0.0481 46	-0.0416 44	0.2551 45	-0.0227 46	0.0423 43
17	<u>0.3072</u> 25	0.0239 35	0.1622 38	-0.1346 39	0.1414 39	-0.1608 38	-0.1165 38	<u>0.4769</u> 37	-0.0320 38	-0.0041 33

RRT-Alpha

14	<u>0.5461</u> 38	0.4400 45	<u>0.5421</u> 46	0.4762 44	0.2877 47	0.2795 45	<u>0.6320</u> 47	<u>0.3664</u> 44	<u>0.4305</u> 44	0.2607 43
15	<u>0.4001</u> 26	-0.0162 30	0.0542 29	0.1251 25	<u>0.4195</u> 27	-0.1789 22	0.1873 25	0.0464 22	-0.1370 22	0.0464 21
16	0.2505 38	-0.0714 47	0.1020 46	0.0745 44	0.1023 47	0.1645 47	-0.1095 47	<u>0.3078</u> 44	-0.0064 46	0.1244 43
17	0.1268 24	0.2177 37	0.1328 37	-0.0645 37	-0.0209 48	-0.0016 39	0.0669 40	0.0346 36	-0.0148 38	0.0650 33

RRT-Beta

15	<u>0.2724</u> 25	0.0534 29	-0.1593 29	0.1968 27	0.1721 27	<u>0.2924</u> 28	<u>0.2094</u> 25	-0.0418 22	-0.1644 21	-0.0371 21
16	0.2166 39	0.2449 46	0.0080 47	-0.0520 46	-0.1331 47	-0.4175 45	-0.0974 47	0.0738 43	0.0034 44	0.0536 43
17	0.2399 25	0.1954 36	-0.1332 38	-0.3286 39	0.0352 40	-0.1194 37	0.0106 40	-0.2975 35	-0.1156 36	0.0960 33
16	0.6649 25	0.4656 30	0.5703 29	0.7874 28	0.6904 27	0.6935 22	0.8160 25	0.5937 22	0.4032 22	0.7744 22
17	0.2882 19	0.1729 26	0.2729 24	0.0247 24	0.3820 25	0.2410 20	0.3727 23	0.5683 18	0.3618 18	0.2065 19

17	0.0833 25	0.2810 37	0.2560 38	0.1538 39	0.2647 41	0.2353 39	0.3270 40	0.3268 36	0.2768 38	0.3964 36
----	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

FOR: (41, F4, 6, 5 F5, 0, 1, 3, 0, 1 F4 + 0, 1 0 A, 2, 0, 1, 1)

STUDENTEN GES.

I-MATRIX

MITTELW. STANDARDABW.

1	201.27	45.35
2	35.57	27.02
3	193.87	45.08
4	107.99	28.21
5	199.56	47.65
6	160.97	85.69
7	9.42	13.06
8	22.49	8.04
9	19.46	12.07
10	8.61	4.74
11	7.67	28.85
12	8.83	39.31
13	-2.77	30.82
14	0.97	33.35
15	3.84	8.98
16	3.58	2.90
17	10.16	25.95

FOR: (M1,F4,0,5FS,0,0,13,0,0,54,0,1,0,0,5,0,0)									
STUDENTEN GES.									
I-MATRIX									
MOD 3	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N ₁	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P ₂	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ampl. 6	1	2	3	4	5	6	7	8	9
f	1	2	3	4	5	6	7	8	9
θ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α	1	2	3	4	5	6	7	8	9
β	1	2	3	4	5	6	7	8	9
γ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
θ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
α	1	2	3	4	5	6	7	8	9
β	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N ₂	1	2	3	4	5	6	7	8	9
δ	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Multiple regression analyse

Part. Zeig. Korr.	20	20	20	20	20	20	20	19	19	19	19	19	19	19
RT	1	-.211	-.202	-.152					.060	-.005				
Se _{RT}	2	-.008	-.019	-.024					-.083	-.094				
Mod _{RT}	3	.023	.007	.015					-.091	-.085				
N ₁	4	.290	.227		.235	.219	.243		.068		.070		.050	
P ₂	5	-.141	-.061		-.049	-.081	-.084		.164		.148		.114	
Delta	6	-.012	-.039		-.020	-.019			-.083		-.073			-.090
Theta	7	-.013	-.045		-.032	-.029			-.100		-.092			-.095
Alpha	8	-.003	-.030		-.016	-.017			-.065		-.061			-.008
Beta	9	-.008	-.035		-.011	-.010			-.102		-.091			-.094
RT ₄₅	10	.149	.166						-.112					
N ₂	11	-.210	-.286		-.299	-.313	-.327		-.328		-.367		-.371	
dB	12	-.144	-.134	-.090		-.102	-.113		-.091	-.074			-.066	.017
MZA	13	.076												
MZ ₄₅	14	-.131												
KP	15	.314												
R _a A	16	.14												
R _a B	17	.146												
R _a Ge	18	.092												
IQ	19	.118												
Lohn	20													
mult. Korr. (R ²)		.637	.550	.384	.412	.422	.414		.490	.302	.338	.401	.377	.158
R ²														
Signif. niveau			1	1	1	1	1*		1	1	1	1	1*	1

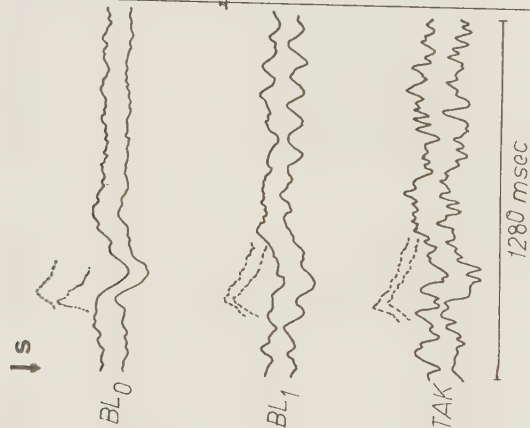
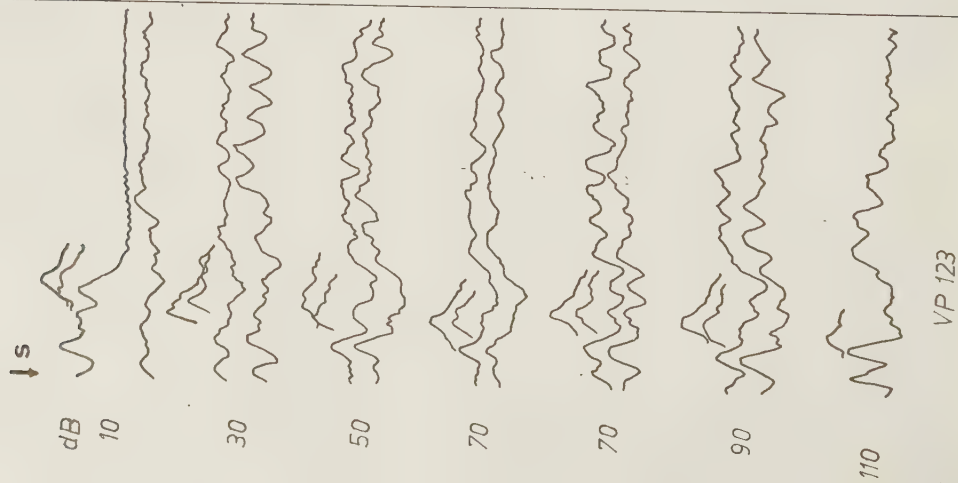
Part. Zeig. Korr.	18	18	18	18	18	18	18	17	17	17	17	17	17	17
RT	1		.015	-.029					.022	.003				
Se _{RT}	2		-.036	-.040					-.150	-.150				
Mod _{RT}	3		-.066	-.048					-.039	-.074				
N ₁	4		.073		.078		.058		.180		.189	.177	.155	
P ₂	5		.188		.181		.161		.100		.120	.074	.069	
Delta	6		-.116		-.106		-.120		-.030		-.024	-.023		-.045
Theta	7		-.111		-.104		-.106		-.011		-.013	-.007		-.016
Alpha	8		-.129		-.122		-.125		-.062		-.059	-.061		-.064
Beta	9		-.068		-.058		-.064		-.005		-.000	-.002		-.010
RT ₄₅	10		-.041						-.009					
N ₂	11		-.299		-.334		-.348		-.381		-.399	-.413	-.402	
dB	12		-.056	-.053			-.029	.001	-.147	-.079		-.117	-.086	-.032
MZA	13													
MZ ₄₅	14													
KP	15													
R _a A	16													
R _a B	17													
R _a Ge	18													
IQ	19													
Lohn	20													
mult. Korr. (R ²)			.455	.237	.406		.360	.231	.534	.308	.464	.474	.432	.203
R ²														
Signif. niveau			1	5	1	1	1	5*	1	1	1	1*	1*	<5

Multiple Regressionsanalyse

130

Part. Z-Elgr. Korr.	16	16	16	16	16	16	16	15	15	15	15	15	15	15
RT	1	.083	.045						-.005	-.008				
S _{RT}	2	-.095	-.126						-.042	-.064				
Mod RT	3	-.070	-.087						-.051	-.046				
N ₁	4	.249		.260	.241	.211			-.096		-.093		-.099	
P ₂	5	-.086		-.063	-.104	-.110			.164		.156		.142	
Delta	6	.005		.004	.006		-.008		-.034		-.027			-.036
Theta	7	.023		.019	.023		.018		-.014		-.010			-.015
Alpha	8	-.044		-.045	-.046		-.046		-.059		-.055			-.067
Beta	9	.013		.011	.013		.005		-.010		-.003			-.007
RT ₁₅	10	-.087							-.025					
N ₂	11	-.222		-.231	-.252	-.185			-.118		-.153		-.147	
dB	12	-.148	-.057		-.128	-.078	-.043		-.034	-.032			.012	-.008
MZA	13													
MZA ₁₅	14													
KP	15													
R _{0A}	16													
R _{0B}	17													
R _{0Ges}	18													
IQ	19													
Lohn	20													
mult. Korr. (R)		.463	.243	.416	.432	.314	.244		.317	.195	.258		.193	.171
R ²														
Signif. niveau		1	5	1	1	1	10		5		5			

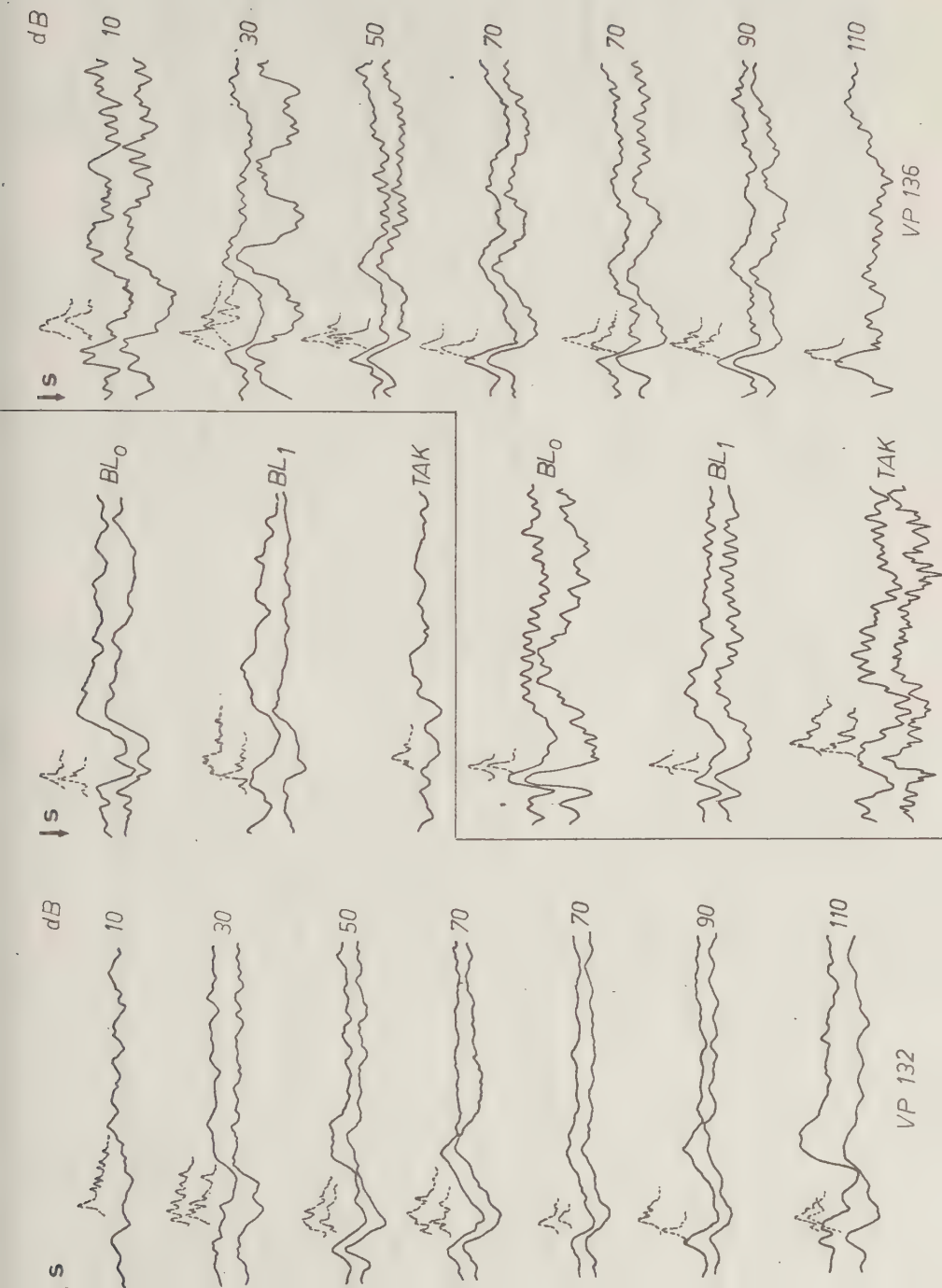
Part. Z-Elgr. Korr.	14	14	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13	13	13
RT	1	.033	-.034						.051	-.022				
S _{RT}	2	-.083	-.105						-.062	-.086				
Mod RT	3	-.033	-.034						-.026	-.032				
N ₁	4	.125		.119	.122				.145		.137		.138	
P ₂	5	.082		.042	.046				.086		.063		.052	
Delta	6	.034		.035		.022			.033		.032			.019
Theta	7	.055		.054		.049			.044		.042			.037
Alpha	8	.026		.021		.016			.028		.023			.018
Beta	9	.035		.037		.031			.029		.029			.023
RT ₁₅	10	-.129							-.145					
N ₂	11	-.144		-.192	-.216				-.147		-.191		-.203	
dB	12	-.073	-.058		-.022	-.018			-.049	-.045			-.011	-.010
MZA	13													
MZA ₁₅	14													
KP	15													
R _{0A}	16													
R _{0B}	17													
R _{0Ges}	18													
IQ	19													
Lohn	20													
mult. Korr. (R)		.406	.274	.288	.253	.185			.363	.219	.265		.250	.136
R ²														
Signif. niveau		1	1	5	5				1	5	5	5	5	5

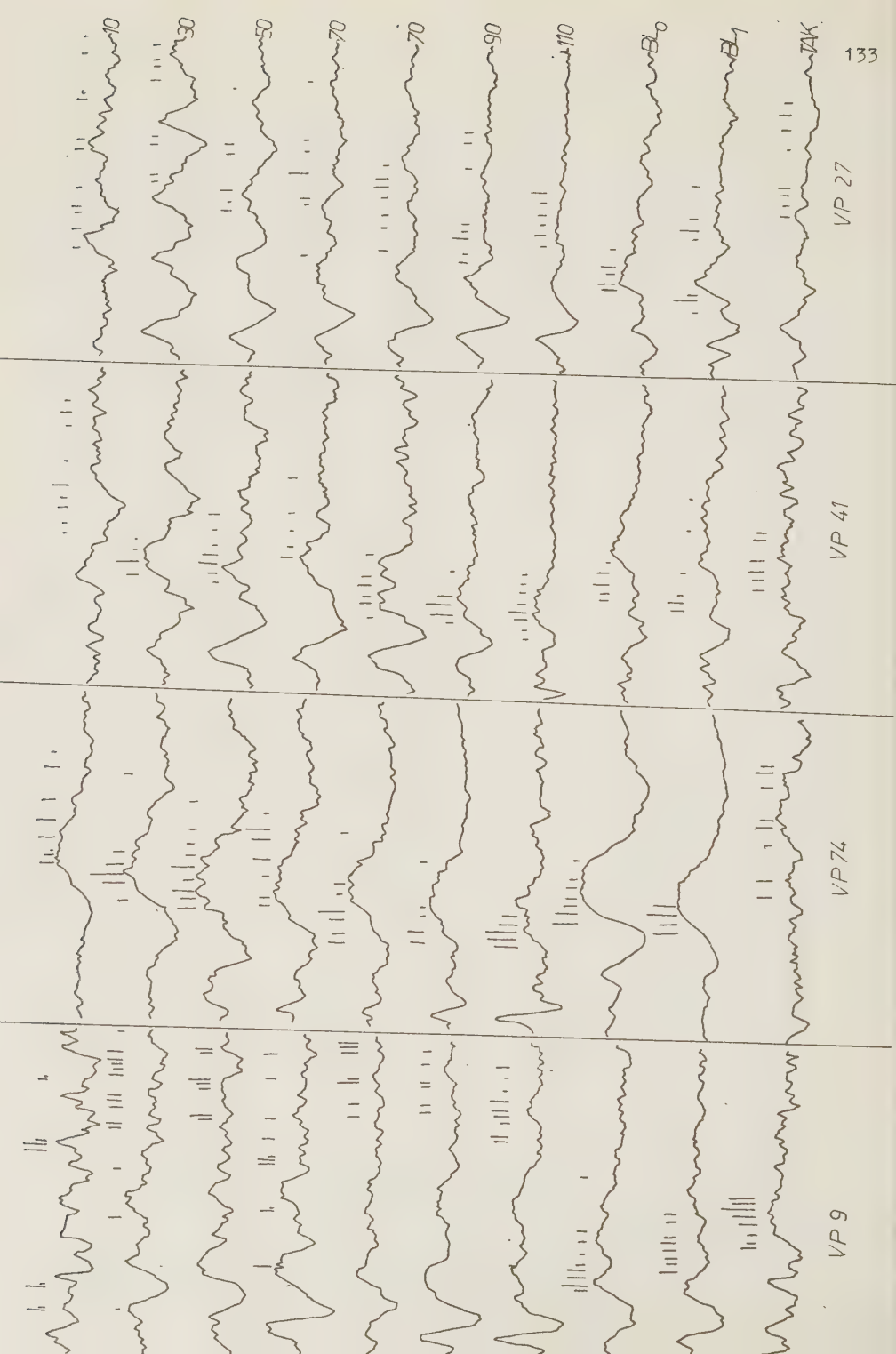


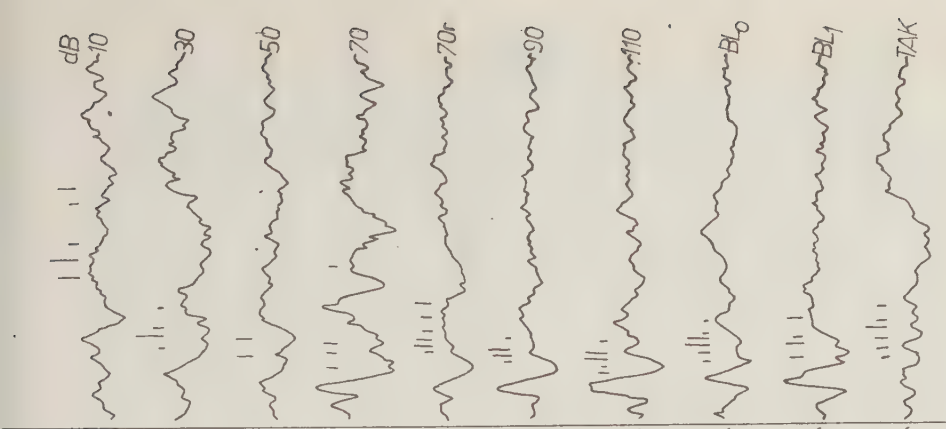
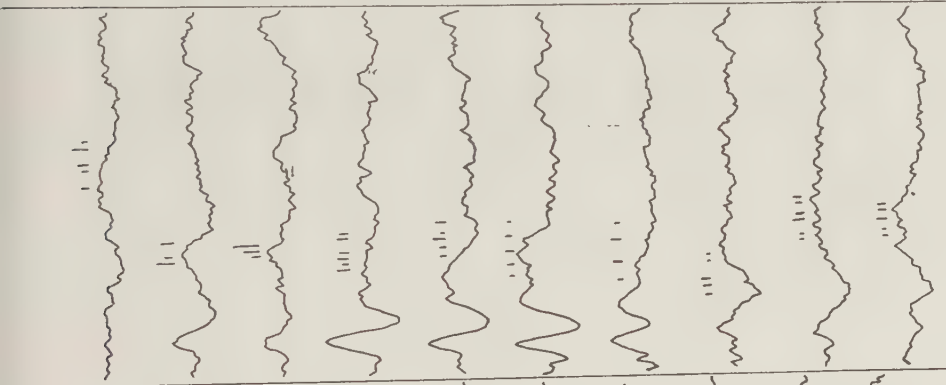
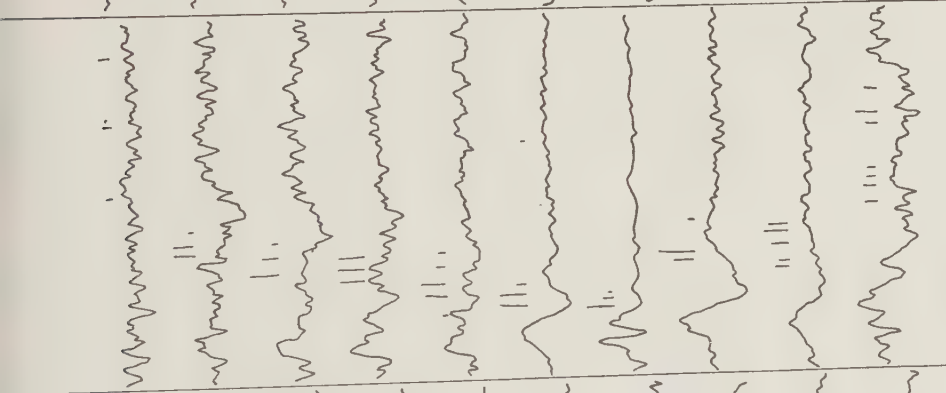
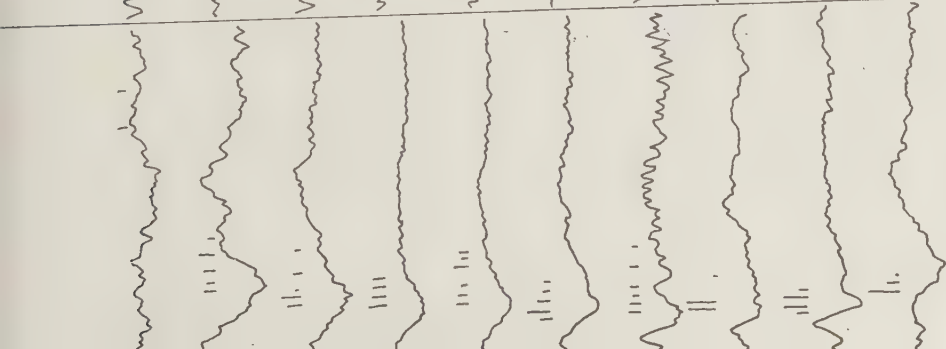
Vergleich der ersten 16 Mit-
tlungen mit den zweiten 16
Mittlungen

VP 123









VP 87

VP 43

VP 48

VP 19

- BARLOW, J.S.: Some statistical characteristics of electrocortical activity in relation to visuoloculomotor tracking in man. *Eol. Inst. Estud. med. biol. (Mex.)*, 1963, 21:497-518.
- BATES, J.A.U.: Electrical activity of the cortex accompanying movement. *J. Physiol.* 113, 240-257 (1951).
- BENNET, J.R., MACDONALD, J.S., BRANCE, S.M., & UENOYAMA, K.: Some statistical properties of the visual evoked potential in man and their application as a criterion of normality. *IEEE Transactions on Bio-medical Engineering*, 1971, 18, 23-33.
- BERGAMINI, L., BERGAMASCO, B., MOMBELLI, A.M. & SIBOUR, F.: Studio su i potenziali evocati fotici nell'uomo- Nota II. *Riv. Pat. Nerv. Ment.* 85, 573-581 (1964)
- BERGAMINI, L., BERGAMASCO, B., MOMBELLI, A.M. & GANDIGLIO, G.: Visual evoked Potentials in subjects with congenital aniridia. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* 19, 394-397 (1965).
- BERGAMINI, L., BERGAMASCO, B. & MOMBELLI, A.M.: Variations du potentiel évoqué visuel chez l'homme provoquées par les modifications du diamètre pupillaire et de l'état d'activation corticale, avec référence particulière aux phénomènes d'habituation, d'attention et de distraction. *J. Physiol.* 58, 671-685 (1966).
- BERGER, H.: Über das Elektroenkephalogramm des Menschen. (I. Mitteilung). *Arch. Psychiat.* 87 (1929), 527-570.
- BERGER, H.: Über das Elektroenkephalogramm des Menschen V. *Arch. Psychiat. Nervenkr.* 98 (1933), 231-245.
- RIERBAUMER, N.: *Physiologische Psychologie*. Springer 1975.
- BIRREN, J.E., CARDON, P.V.Jr., & PHILIPS, S.L.: Reaction time as a function of the cardiac cycle in young adults. *Science*, 1963, 140, 195-196.
- BOGACZ, J., VANZULLI, A. and GARCIA-AUSTT, E.: Evoked responses in man. IV. Effects of habituation, distraction and conditioning upon auditory evoked responses. *Acta Neurologica Latinoamerica*, 1962, 8.
- BOSTOCK, H. and JARVIS, M.J.: Changes in the form of the cerebral evoked response related to the speed of simple reaction time. *EEG Clin Neurophysiol* 29, 1970, 137 - 145
- BODDY, J.: The psychological refractory period and vertex EP Q J Exp. Psychol. 24 1972, 175.
- BOZZO, M.T. & B.M. GUIGANIO GARIBBO: Contributo allo studio dei rapporti fra dati elettroencefalografici e risultati della scala di intelligenza di Wechsler per bambini (WISC). (Contribution to the study of relationships between EEG-data and WISC results). *Arch. Psicol. Neurol. Psichiat.* 26 (1965), (4-5), 401-411.
- CALLAWAY, E.: Evoked responses for the study of complex cognitive functioning in children. Symposium on "Brain Function, Cognitive Performance and the Developing Child". San Francisco, 1968
- CALLAWAY, E. III, & YEAGER, C.L.: Relationship between reaction time and electroencephalographic alpha phase. *Science*, 1960, 132, 1765-1766.
- CALLAWAY, E. III, & BUCHSBAUM, M.: Effects of cardiac and respiratory cycles on averaged visual evoked responses, *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*. 1965, 19, 476-480.

- CHALKE, F.C. and ERTL, J.: Evoked potentials and intelligence. *Life Sci.*, 1965 4: 1319-1322.
- CIGANEK, L.: Die elektroencephalographische Lichtreizantwort der menschlichen Hirnrinde. Bratislava 1961.
- CIGANEK, L.: Variability of the human visual evoked potential: Normative data. *Elektroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 1969, 27, 35-42.
- COBB, W.A., DAWSON, G.D.: *J. Physiol. (Lond.)* 152, 108-121.
- MOROCUTTI, C.: *The evoked potentials*, Amsterdam: Elsevier 1967.
- CODY, D.T.R. & TOWNSEND, G.L.: Some physiologic aspects of the averaged response in humans. *Audiology* 12, 1973, 1.
- COHEN, J.: Very slow brain potentials relating to expectancy: The CNV. In E. Donchin & D.B. Lindsley (Eds.), *Average evoked potentials: Methods, results, and evaluations*. NASA SP-191, Washington, D.C., 1969, Pp. 143-198.
- CONNER, W.H. & LANG, P.J.: Cortical slow-wave and cardiac rate responses in stimulus orientation and reaction time conditions. *Journal of Experimental Psychology*, 1969, 82, 310-320.
- CREUTZFELD, O.D., GRÜNEWALD, G., SIMONOVA, O., & SCHMITZ, H.: Changes of the basic rhythms of the EEG during the performance of mental and visuomotor tasks: In: *Attention in Neurophysiology*, ed. by C.R. Evans and T.B. Mulholland. London 1969.
- CREUTZFELD, O.D.: *Neurophysiologische Grundlagen des Elektroencephalogramms*. In: *Neuropsychologie*, hrsg. von M. Haider, 1971.
- DEMPSEY, E.W. & MORISON, R.S.: The production of rhythmically recurrent cortical potentials after localized thalamistimulation. *Amer. J. Physiol.* 135, 293-300, 1942.
- DONCHIN, E.: Data analysis techniques in evoked potential research. In E. Donchin & D.B. Lindsley (Eds.), *Average evoked potentials: Methods, results, and evaluations*. NASA SP-191, Washington, D.C. 1969, Pp. 199-236.
- DONCHIN, E. & LINDSLEY, D.B.: Average evoked potentials and reaction times to visual stimuli. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1966, 20 217-223.
- DUSTMAN, R.E. & BECK, E.C.: Visually evoked potentials: Amplitude changes with age. *Science*, 1966, 151: 1013-1015.
- DUSTMAN, R.E. & BECK, E.C.: Phase of alpha brain waves, reaction time and visually evoked potentials. *Electroenceph. clin. Neurophys.*, 1965 18: 433-440.
- EASON, R.G., HARTER, M.R. & WHITE, C.T.: Effects of attention and arousal on visually evoked cortical potentials and reaction time in man. *Physiology & Behavior*, 1969, 4, 283-289.
- EISENGART, M.A., & SYMMES, D.: Effect of eye blind on the visual evoked response in children. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 1971, 31, 71-75.
- ELLINGSON, R.J., & LATHROP, G.H.: Intelligence and frequency of the alpha rhythm. *Am J ment defic* 78, 1973, 334-338.
- ERTL, J.: Evoked potentials and intelligence. *Revue de l'université d'Ottawa*. 36 (1966), 599-607.

- ERTL, J.: Evoked potentials, neural efficiency and I.Q.
International Symposium for Biocybernetics, Washington, D.C. 1968
- ERTL, J. & SCHAFER, E.W.P.: Brain response correlates of psychometric intelligence. *Nature*, 1969, 223, 421-422.
- ERTL, J.: IQ, evoked responses and fourier analysis. *Nature* 241, 1973, 209-210.
- FRUHSTORFER, J.M.: Der Einfluß von Reizfolgefrequenz, Reizanzahl und Reizort auf die Intensitätsabhängigkeit vibratorisch ausgelöster corticaler Antworten beim Menschen. Dissertation, Erlangen, 1966, 90p.
- GALE, A., COLES, M., KLINE, P. & PENFOLD, V.: Extraversion-introversion, neuroticism and the EEG: basal and response measures during habituation of the orienting response. *Br. J. Psychol.* 62, 1971, 533-543.
- GARDINER, M.F.: Changes in evoked electrical activity at the scalp of man associated with change in a stimulus-analysis task: A study employing step-wise discriminant analysis. Dissertation Abstr. Internat. (Feb.), 1970, Vol. 30 (8-B), 3845.
- GERIN, P., MORGON, A., CHARACHON, D., MUNIER, F., PERNIER, J., ARNAL, D. & LEBRETON, M.F.: Une méthode d'audiométrie objective: l'audiométrie électroencéphalographique. *J. franc. Oto-rhino-laryng.* 17 543-595, (1968).
- GILDEN, L. VAUGHAN, H.G., & COSTA, L.D.: Summated human EEG potentials with voluntary movement. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 1966, 20, 433-438.
- GOODENOUGH, F.L., & HARRIS, D.B.: Studies in psychology of childrens drawings: II 1928-1949.
Psychol. Bull. 47, 369-433, (1950)
- GREEN, M.W. & EVERT, J.C.: Normative data on progressive matrices, *J. consult. Psychol.* 19, 139, (1947).
- GARCIA-AUSTT, E., BOGACZ, J. and VANZULLI, A.: Affects of attention upon visual evoked responses. *EEG Clin. Neurophysiol.*, 1964, 17, 136 - 143
- GUTTMAN, G.: Einführung in die Neuropsychologie. Bern/Stuttgart/Wien 1972.
- GUTTMAN, G. & Schulz, G.: Die intraindividuelle Stabilität des akustisch evoozierten Potentials. *Res. Bull., Nr3, Psychol. Inst. Univ. Wien* 1970.
- GUTTMAN, G.: Hirnelektrische Korrelate einfacher Wahrnehmungen. Das akustisch evoozierte Potential als Abbild psychischer Prozesse. *Stud. Psychol.*, 10, 200-213. 1968 b.
- HAIDER, M.: Erwartungswirkung, Antizipation und corticale evoozierte Potentiale. 6th Int. Congr. Elektroenceph. clin. Neurophysiol., Vienna, 1965: 40.
- HAIDER, M., GROLL, E. & STUDYNKA, G.: Orientierung- und Bereitschaftspotentiale bei unerwarteten Reizen. *Experimental Brain Research*, 1968, 5, 45-54.
- HAIDER, M., SPONG, P. and LINDSLEY, D.B.: Attention, vigilance and cortical evoked-potentials in humans. *Science*, 1964, 145, 180 - 182
- HAIDER, M., SPONG, P. and LINDSLEY, D.B.: Attention, Vigilance, and cortical evoked-potentials in humans. *Science*, 1964, 145, 180 - 182

- HANNES, M., SUTTON, S. & ZUBIN, J.: Reaction time: Stimulus uncertainty with response certainty. *Journal of General Psychology*, 1968, 78, 165-181.
- HARTLAGE, L.C. & GREEN, J.B.: The EEG as a predictor of intelligence and academic performance. *J Learning Disabil* 6, 1973, 239-242.
- HAYS, W.L.: Statistics for the social sciences, 1974.
- HERNANDEZ-PEON, et al.: Influence of attention upon subcortical evoked electrical activity in the human brain. In: *The first Intern. Congr. of the Neurological Sciences*, Bruxelles, 1957, Vol. III New-York. Macmillan 59.
- HERRMAN, T.: *Psychologie und Kybernetik*. *Psychol Rundsch.*, 17, 1966, 13-25
- HYMAN, R.: Stimulus information as determinant of reaction time. *J. Exp. Psychol.* 45, 1953, 188 - 196
- HILLYARD, S.A.: Relationships between the contingent negative variation (CVN) and reaction time. *Physiology & Behavior*, 1969, 4, 351-357.
- HILLYARD, S.A., SQUIRES, K.C., BAUER, J.W., & LINDSAY, P.H.: Evoked potential correlates of auditory signal detection. *Science*, 1971, 172, 1356-1360.
- IRWIN, D.A., KNOTT, J.R., McADAM .W., & REBERT, C.S.: Motivational determinants of the "contingent negative variation." *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 1966, 21, 538-543.
- JOHN, E.R, HERRINGTON, G.A., & SUTTON, S.: Effects of visual form on the evoked response. *Science*. 155 (3768) (1967), 1439-1442.
- KARLIN, L., MARTZ, M.J. & MORDKOFF, A.M.: Motor performance and sensory-evoked potentials. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1970, 28, 307-313.
- KARLIN, L.: Cognition, preparation, and sensory-evoked potentials, *Psychological Bulletin*, 1970, 73, 122-136.
- KARLIN, L., MARTZ, M.J., BRAUTH, S.E., & MORDKOFF, A.M.: Auditory evoked potential motor potentials and reaction time. *EEG clin. Neurophysiol.* 31 (1971), 129-136.
- KARLIN, L.: *EEG Clin. Neurophysiol.* 31 (1971) 96, *Audit. E.P. and Reaction-time*.
- KEIDEL, W.D.: *Physiologie des Gehörs. Akustische Informationsverarbeitung. Einführung für Ärzte, Biologen, Psychologen und Nachrichtentechniker*. Thieme 1975.
- KEIDEL, W.D.: *Kybernetische Systeme des menschlichen Organismus. Veröffentlichungen der Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, Natur-, Ingenieurs- und Gesellschaftswissenschaften. Heft 18, 1963, 31 - 71*
- KEIDEL, W.D.: *Neuere Ergebnisse der Physiologie des Hörens. Arch. Ohr.- u. Kehlk.-Heilk.* 185, 1965, 548 - 575
- KOOI, K.A., & BAGCHI, B.K.: Visual evoked responses in man: Normative data. *Annals of the New-York Academy of Sciences*, 1964, 112, 254-269.
- KORNHUBER, H.H., & DEECKE, L.: Hirnpotentialänderungen bei Willkürbewegungen und passiven Bewegungen des Menschen: Bereitschaftspotential und reafferents Potentiale. *Pflügers Archiv ges. Physiol.*, 1965, 284, 1-17.
- KREEZER, G.: The electroencephalogram and its use in psychology. *Amer. J. Psychol.* 51 (1938), 737-759.

- LANSING, R.W., SCHWARTZ, E., and LINDSLEY, D.B. : Reaktion time and EEG aktivation under alerted and nonalerted conditions. *J. exp. Psychol.* 1959, 58
- LIBERSON, W.T.: Ondes électriques du cerveau et intelligence chez les malades mentaux. *L'année psych.* Presses Universitaires de France. 50, (1951), 677-703.
- MARH, J.T. & WORDEN, F.G.: Auditory potentials during acoustic habituation: cochlear nucleus, cerebellum, and auditory cortex. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* 17, 685-692 (1964).
- McCallum, W.C. and WALTER, W.G. : The effect of attention and distraction on CNV in normal and neurotic subjects. *EEG clin. Neurophysiol.* 25, 1968, 319 - 329
- MILLER, J.M., MOODY, D.B. and STEBBINS, W.C. : Evoked potentials and auditory reaction time in monkeys. *Kresge Hear Res. Science*, 1969, 163, 592-
- MONNIER, M. : Retinal and motor responses to photic stimulation in man. *Retino-cortical time and optomotor integration time.* *J. Neurophysiol.* 1952, 15, 469 - 486
- MORRELL, L.L. & MORRELL, F.: Evoked potentials and reaction times: A study of intra-individual variability. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* 1966, 20: 567-575.
- MORRELL, L.: Correlates of EEG and reaction time: a study of background and light-evoked potentials. *Electroenceph. clin. Neurophysiol.*, 1965, 18, 523.
- MUNDY-CASTLE, A.C.: Electrophysiological correlates of intelligence. *L. Personality*, 1958, 26: 184-199.
- NÄÄTÄNEN, R. : Selective attention and evoked potentials in humans : a critical review. *Biological Psychology* 1975, 2, 237 - 307
- OBRIST, P.A., WEBB, R.A. & SUTTERER, J.R.: Heart rate and somatic changes during aversive conditioning and simple reaction time. *Psychophysiol.*, 1969, 5, 696-723.
- OBRIST, P.A., WEBB, R.A., SUTTERER, J.R. & HOWARD, J.L.: The cardiac-somatic relationship: Some reformulations. *Psychophysiol.*, 1970, 6, 569-723.
- ORR, W.C. & STERN, J.A.: The relationship between stimulus information, reaction time, and cortical habituation. *Psychophysiol.* 7 (3) (1970), 475-484.
- OSWALD, W.: Über Zusammenhänge zwischen Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit, Alter und Intelligenzstruktur beim Kartensortieren. *Psychol. Rundsch.*, 22, 1971, 197 - 202
- PERRY, N.W. and CHILDERS, D.G. : The human VER. Method and theory. Publisher: C.C. Thomas, Springfield, Illinois, 1969 .
- PIOTON, T.W., HILLYARD, S.A., KRAUSZ, H.I. and GALAMBOS, R. : Human auditory evoked potentials. I. Evaluation of components. *EEG. clin. Neurophysiol.* 36, 1974, 179
- PLUM, A.: Visual evoked responses: Their relationship to intelligence. Unpublished doctoral dissertation, University of Florida, 1968.
- PRIBRAM, K.H. and MCGUINNESS, D. : Arousal, activation, and effort in the control of attention. *Psychol. Rev.* 1975, Vol. 82, No. 2, 116-149
- REBERT, C.S., McADAM, W., KNOTT, J.R. & IRWIN, D.A.: Slow potential change in human brain related to level of motivation. *J. Comp. Physiol. Psychol.* 63 (1967) 20.
- REBERT, C.S.: The effect of reaction time feedback on reaction time and CNV. *Psychophysiol.* 9 1972, 334.
- REBERT, C.S. & SPERRY, K.G.: Subjective and response related determinants of CNV amplitude. *Psychophysiol.* 10 1973, 139-144.
- REGAN, D.: Cortical evoked potentials. *Adv. Behav. Biol.* 5 1972, 177-192.

- RHODES, L.E., DUSTMAN, R.E. & BECK, E.C.: The visual evoke response: A comparison of bright and dull children. *Electroencephal. & Clin. Neurophysiol.* 1968, 25, 550-556.
- RIBARIC, K. and PREVEC, T.S.: Analyses of the interference of inflows as evoked by auditory, somatosensory and visual stimuli
Rev. de Laryngol. Vol. 96 Nr. 3-4, 1975
- RITTER, W., VAUGHAN, G. & COSTA, L.D.: Orienting and habituation to auditory stimuli: A study of short term changes in averaged evoked responses. *Electroencephal. & Clin. Neurophysiol.*, 1968, 25, 550-56.
- RITTER, W. SIMSON, R. & VAUGHAN, H.G. jr: Association cortex potentials and reaction time in auditory discrimination. *E C N* 33 (1972) 547.
- ROHRACHER, : Experimentelle und theoretische Untersuchungen über die gehirnelektrischen Vorgänge. *Pont. Acad. Sci. "Commentationes"*, 2, 225-273, 1938.
- ROSE, D.E.: Variability of peak latency and amplitude of the acoustically evoked potential. Dissertation, Univ. of Oklahoma 1965, No.65-72.
- ROTH, E., OSWALD, W.D. & DAUMENLANG, K.: *Intelligenz.* Stuttgart 1972.
- ROTH, E. : Die Geschwindigkeit der Verarbeitung von Informationen und ihr Zusammenhang mit Intelligenz. *Ztschr. Exp. u. Angew. Psychol.* 11, 1964, 616 - 623
- ROTH, W.T. & KOPELL, B.S.: P300.. an orienting reaction in the human auditory response. *Percept mot. Skill* 36, 1973, 219.
- ROTH, W.T.: Auditory evoked responses to unpredictable stimuli. *Psychophysiol* 10 1973, 125.
- SATTERFIELD, J.H. : Evoked cortical response enhancement and attention in man : a study of responses to auditory and shock stimuli.
EEG. Clin. Neurophysiol., 1965, 19, 470 - 475
- SCHLESINGER, I., MELKMAN, R. : The effect of choice-reaction time of stimulus information varied independently of transmitted information.
J. of General Psychol., 74, 1966, 165 - 172
- SEIFERT, K.H.: Erfahrungen mit dem Progressive-Matrices-Test bei taubstummen Kindern. *Z. exp. angew. Psychol.* 7, 255, (1960).
- SHAGASS, C. & CANTER, A.: Cerebral ER and personality. In: *Biological Bases of individual behavior.* Ed.: VD Neblitsyn, JA Gray N.Y. Acad. press 1972, p. 111-112.
- SHEVRIN, H., SMITH, W.H. & FITZLER, D.E.: Averaged evoked response and verbal correlates of unconscious mental responses.
Psychophysiol. 8 (2) (1971), 149-162.
- SHUCARD, D.W.: Relationship among measures of the cortical evoked potential and abilities comprising human intelligence.
Dissertation Abstr. Internat. 31 (1-B) (1970), 426-427.
- SHUCARD, D.W. & CALLAWAY, E. III: Relationship between human intelligence and frequency analysis of cortical evoked responses.
Percept mot Skill 36, 1973, 147.
- SPOERL, D.T.: The drawing ability of mentally retarded children.
Char. & Pers. 8, 227-239 (1940).
- SPONG, P., HAIDER, M. and LINDSLEY, D.B. : Selective attentiveness and cortical evoked responses to visual and auditory stimuli.
Science, 1965, 148, 395 - 397
- STURZEBECKER, E., WAGNER, H. & GERHARDT, H.J.: Zur Reizintervallabhängigkeit akustisch evozierter Potentiale. *Acta Otolaryn.* 77, 256-260, (1974).
- STEVENS, S.S. : The psychophysics of sensory function. In : *Sensory Communication*
hrg. von W.A. Rosenblith. Wiley, New York 1961

- SURWILLO, W.W.: Period analysis of the EEG in relation to age and reaction time in children. *Psychophysiol.* 9, 1972, 471.
- SURWILLO, W.W.: Human reaction time and period of the EEG in relation to development. *Psychophysiol.* 1971, 8, 468-482.
- SUTER, C.M.: Principal component analysis of average evoked potentials. *Experimental Neurology*, 1970, 29 (Suppl.2).
- SUTTON, S., TUETING, P., ZUBIN, J. & JOHN, E.R.: Information delivery and the sensory evoked potential. *Science*. 155 (1967), (3768) 1436-1439.
- SUTTON, S.: The sensitivity of the evoked potential to psychological variables. Presented at the meetings of the EEG Society, Washington, D.C., 1970.
- SMITH, D.B., DONCHIN, E., COHEN, L. & STARR, A.: Auditory evoked potentials in man during selective binaural listening. *Electroencephal. & Clin. Neurophysiol.*, 1970, 28, 146-152.
- TECCE, J.: Contingent negative variation (CNV) and psychological processes in man. *Psychological Bulletin*, 1972, 77, 73-108.
- THOMPSON, L.W. & BOTWINICK, J.: Stimulation in different phases of the cardiac cycle and reaction time. *Psychophysiol.*, 1970, 7, 57-65.
- THALER, M.B.: Relationships among Wechsler, Weigl, Horschach, EEG findings and abstract-concrete behavior in a group of normal aged subjects. *J. Gerontol.* 11 (1956), 404-409.
- TUETING, F., SUTTON, S. & ZUBIN, J.: Quantitative evoked potential correlates of the probability of events, *Psychophysiol.* 7, 1970, 385-394.
- VAUGHAN, Jr H.G., COSTA, L.D., GILDEN, L. & SCHIMMEL, H.: Identification of sensory and motor components of cerebral activity in simple reaction time tasks. *Proc. 73rd Conf. Amer. Psychol. Ass.*, 1965, 1: 179.
- VOGEL, W. & BROVERMAN, D.M.: Relationship between EEG and test intelligence. A critical review. *Psychol. Bull.* 62 (2), 132-144.
- VOGEL, W. & BROVERMAN, D.M.: Relationship between EEG and test intelligence: A commentary. *Psychol. Bull.* 65(2) (1966), 99-109.
- WECHSLER, D.: Wechsler Bellevue Adult Intelligence Scale. New York 1944.
- WALTER, W.G., COOPER, R., ALDRIDGE, V.J., McCALLUM, W.C. and WINTER, A.L.: CNV: An electric sign of sensory-motor association and expectancy in the human brain. *Nature*, 203, 1964, 380 - 384
- WEITZMAN, E.D. and KREMEN, H.: Auditory evoked responses during different stages of sleep in man. *EEG clin Neurophysiol.* 1965, 18, 65 - 70
- WILKINSON, R.T. & MORLOCK H.C.: Auditory evoked response and reaction time. *Electroencephal. clin. Neurophysiol.*, 1967, 23, 50-56.
- YAMANE, T.: Statistics: An introductory analysis 3rd ed.
- ZILER, H.: Der Mann-Zeichentest. Münster 1958.

Lebenslauf

Am 21. Juni 1947 wurde ich als Sohn der Eheleute Arno und Margarethe Repp in Darmstadt geboren. Bis zu meinem siebten Lebensjahr wuchs ich in Groß-Bieberau im Odenwald auf.

Ein Halbjahr nach der Einschulung zogen wir nach Darmstadt um.

Von der dortigen Schillerschule wechselte ich nach der obligaten Aufnahmeprüfung auf das Georg-Büchner-Gymnasium für Jungen. 1966 erhielt ich das Reifezeugnis des naturwissenschaftlichen Zweiges, nachdem ich zu Beginn der Oberstufe auf die Lichtenbergschule übergewechselt war.

Im Wintersemester des gleichen Jahres begann ich mit dem Psychologiestudium an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Dort legte ich im Juli 1969 das Vor-diplom ab und im Juni 1971 das Hauptdiplom in Psychologie.

Vom Wintersemester 1970/71 an begann ich mit dem Studium der Humanmedizin. Im Oktober 1971 bestand ich die naturwissenschaftliche Vorprüfung und im Oktober 1973 die ärztliche Vorprüfung.

Vom Juni 1971 an war ich bis zur ärztlichen Vorprüfung Psychologe in den Nieder-Ramstädter Heimen der inneren Mission bei Darmstadt.

Seit Anfang 1974 bin ich in der Klinik für Kommunikationsstörungen der Universitätskliniken Mainz unter Leitung von Prof. Dr. P. Biesalski mit meiner Dissertation beschäftigt.

